

II CONGRESSO NACIONAL RADIOLOGIA EM FOCO**A OTIMIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO IONIZANTE E A PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM
RELAÇÃO A QUALIDADE DA IMAGEM****OPTIMIZATION OF IONIZING RADIATION LEVELS AND RADIOLOGICAL PROTECTION IN
RELATION TO IMAGE QUALITY**

SILVA, Gabrielle Nunes¹
HICKSON, Rosângela Silqueira²
SANTOS, Vera Lucia Teodoro dos³
FERREIRA, Thalita Lauanna Gonçalves da Silva⁴
SILVA, Vinicius dos Reis⁵

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo verificar na literatura a relação da otimização dos níveis de radiação ionizante e a proteção radiológica em relação à qualidade da imagem. As radiações ionizantes são aquelas que apresentam energia suficiente para remover um elétron de um átomo, provocando uma vacância na camada da eletrosfera, como exemplo: as radiações alfa, beta, gama e raios-X. Já a proteção radiológica seria a correlação linear entre dose e efeito, mesmo para baixos valores de dose. A otimização se baseia no princípio "As Low As Reasonably Achievable" - tão baixo quanto razoavelmente exequível, que preconiza que as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente possíveis. Algumas orientações europeias que estão relacionadas à qualidade da imagem implicam na possibilidade do diagnóstico, na dose de radiação empregadas ao paciente e na técnica adequada. A redução das doses de radiação dos protocolos de exames tendem a diminuir os níveis de radiação e a sua exposição sem comprometimento da qualidade das imagens, a fim de possibilitar a otimização e a proteção radiológica.

Palavras Chaves: Radiologia. Otimização. Raios-X. Controle de Qualidade.

ABSTRACT

The present study aims to verify in the literature the relationship between the optimization of ionizing radiation levels and the radiological protection with image quality. Ionizers are those that have enough energy to remove an electron from an atom, causing a vacancy in the Electrosphere layer, such as alpha, beta, gamma, and X-ray radiation examples. In terms of radiological protection, it would be the linear correlation between dose and effect, even for low dose values. The optimization is based on the principle "as low as Reasonably Achievable" -as short as reasonably feasible (ALARA), which recommends that exposures should be kept as low as reasonably possible. Some European guidelines that are related to image quality are the possibility of diagnosis, the radiation dose used to the patient and the appropriate technique. The reduction of radiation doses of the test protocols may decrease the radiation levels and their exposure without compromising the quality of the images in order to enable the optimization and radiological protection.

Keywords: Radiology. Optmization. X-Rays. Quality Control.

¹ Graduanda em Tecnólogo em Radiologia pelo Centro Universitário ICESP – DF/Faculdade Promove-BH.

^{2,3,4,5} Graduados em Tecnólogos em Radiologia Médica pelo Centro Universitário ICESP – DF/Faculdade Promove-BH.

1. INTRODUÇÃO

Os exames de imagem são constantemente utilizados na atuação médica, pois auxiliam no diagnóstico e no acompanhamento de várias doenças. São realizadas anualmente cerca de 3,6 bilhões de radiografias em todo o planeta, o que corresponde a um aumento de 40% na última década (RODRIGUES, 2011). Em muitos países, a exposição radiológica médica já supera os casos de exposição por fontes naturais, como a radiação solar (LARED; SHIGUOKA, 2010). Indivíduos acometidos por doenças crônicas e que necessitam de acompanhamento prolongado por meio do exame de imagem radiológica representam entre 20% e 25% dessa população (BRASIL, 2010).

A radiação X foi descoberta pelo físico alemão Wilhelm Konrad Roentgen em 8 de novembro de 1895, e desde então ela é aplicada na saúde, na indústria e na pesquisa. A energia dos raios-X é empregada atualmente na radiologia, tomografia, mamografia e densitometria óssea. Ela é uma fonte de energia extremamente alta e reativa, promove danos genéticos, celulares, queimaduras, podendo até ter como consequências a perda do cabelo, redução da fertilidade, câncer, aumento de doenças cardiovasculares, aumento de casos de catarata, entre outros (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2016). A utilização de equipamentos mais modernos e a otimização dos níveis de radiação nos protocolos de trabalho possibilitam gerar maiores benefícios com menos riscos (SAINT' YVES *et al.*, 2010).

A intensidade dos danos promovidos pela radiação em adultos e em crianças é diferente, visto que os órgãos e tecidos nestas são menores, pois estão em processo de maturação e apresentam maior atividade metabólica. Estudos em jovens abaixo de 20 anos apontam uma maior possibilidade de desenvolver leucemia quando são submetidos à mesma dose de radiação aplicada em adultos. Os órgãos, com maior radio sensibilidade, em crianças são: cérebro, pele, tireoide, mama e medula óssea (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2016).

A otimização dos níveis de raios-X foi assimilada à portaria 453 do Ministério da Saúde brasileiro em 1998, que abrange as diretrizes para proteção radiológica, determinando assim as práticas clínicas e as instalações (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 1998). No entanto, estudos brasileiros publicados sobre radiologia reúnem dados de hospitais localizados em São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraná e em Pernambuco, e apontam o uso excessivo de doses de radiação em radiografias médicas (RODRIGUES, 2011). Dessa maneira, a otimização dos níveis de radiação deve ser aplicada de forma a garantir a formação de imagens de boa qualidade e minimizar a incidência de radiação para o paciente (CLAUS; KUNZEL, 2011).

Considerando o exposto, o presente estudo tem como objetivo verificar na literatura, a relação da otimização dos níveis de radiação ionizante e a proteção radiológica com a qualidade da imagem. Quanto à metodologia utilizada, trata-se de uma pesquisa de revisão de literatura, tendo como base bancos de dados como SCIELO (Scientific Electronic Library Online), LILACS (Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde), BIREME (Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde) e MEDLINE (Sistema Online de Busca e Análise de Literatura Médica). Os dados coletados consistem em referências compreendidas entre os anos de 2008 até 2019. Foram utilizados como descritores as palavras: radiologia, otimização, raios-X e controle de qualidade.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Radiação ionizante e suas aplicações

A radiação é a energia que se propaga, de um meio para o outro, em forma de onda ou partícula. A radiação em forma de onda não possui massa e apresenta amplitudes e comprimentos de onda distintos entre os diversos tipos de radiação. Quando na forma de partícula, a radiação possui massa e carga, podendo ser classificada como carregada ou neutra, leve ou pesada. Sua emissão pode ser feita de forma natural ou artificial. As fontes naturais de radiação são encontradas como elementos radioativos ou isótopos que se encontram na natureza, como o Urânio 238. Já a radioatividade artificial precisa de uma fonte externa, do tipo corrente elétrica, para produzir e emitir radiação, como ocorre no aparelho de raios-X (GONÇALVES; FARIAS; GONÇALVES, 2008).

Dessa forma, a radiação pode ainda ser classificada como ionizante e não ionizante. A radiação ionizante é aquela que apresenta energia suficiente para remover um elétron de um átomo, provocando uma vacância na camada da eletrosfera, como exemplos temos as radiações alfa, beta, gama e raios-X (GONÇALVES; FARIAS; GONÇALVES, 2008). Já as não ionizantes são capazes de excitar um átomo, mas não geram energia suficiente para remover um elétron do átomo, como

exemplo temos o micro-ondas, ultravioleta, infravermelho, ondas de rádio, luz visível, frequência muito baixa (VLF) e frequência extremamente baixa (ELF) (VELUDO, 2014).

Os raios-X são classificados como ondas eletromagnéticas que se propagam na velocidade da luz e são ionizantes. Há dois tipos de raios-X: o primeiro são os característicos que são formados por energias que promovem a remoção de um elétron da eletrosfera, provocando uma vacância; em seguida o elétron do nível mais energético passa para o menos energético, e a diferença de energia entre os níveis é liberada em forma de raios-X e de frenamento. O segundo são os raios-X de frenamento ou *bremsstrahlung* que ocorrem quando um fóton passa perto do núcleo, e em função do campo elétrico, ele é desacelerado. Concomitantemente ocorre a mudança de direção nesse frenamento e a liberação de energia cinética chamada de raios-X de frenamento (TAUHATA *et al.*, 2014).

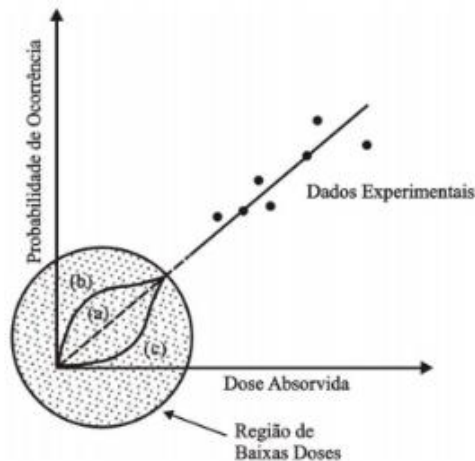
As radiações ionizantes têm aplicações em várias áreas e vêm sendo cada vez mais utilizadas. Na área da saúde está estreitamente ligada ao diagnóstico clínico, como também à terapia, radiologia aplicada em indústrias, procedimentos biológicos e análises forenses (RONSINI, 2017).

2.2 Efeitos biológicos da radiação X

As primeiras exposições aos raios-X levaram os pesquisadores a verificarem a relação entre a sua exposição e os efeitos nocivos à saúde humana. Assim, temos o modelo conservativo que consiste na observação da relação de dose e efeito, ainda em níveis baixos que foi criado a partir de estudos ocorridos após os acidentes radiológicos de Hiroshima e Nagasaki em 1945, em observação às vítimas e animais (TAUHATA *et al.*, 2014).

O modelo da extrapolação linear é utilizado, na atualidade, para avaliar a relação entre dose e efeito biológico, porém avaliando os efeitos diante de exposições a doses altas (Figura 1). A relação de dose e efeito (curva a), onde não são calculados possíveis efeitos que podem aumentar as ocorrências de doses baixas (curva b) ou possíveis limiares ou de fatores de diminuição que até o presente momento não são conhecidos (curva c) naquela região, ou seja, quanto maior a extrapolação do efeito da radiação, maior será a relação da dose e do efeito biológico.

Figura 1 – Relação entre dose e efeito da radiação de acordo com o modelo da extrapolação linear.



a: extrapolação linear; b: doses baixas; c: desconhecidas.

Fonte: TAUHATA *et al.*, 2014.

Os átomos presentes nas células de qualquer órgão podem ser modificados pelo processo de ionização. As mudanças moleculares podem ocorrer quando a energia de excitação transpõe a de ligação entre os átomos (TAUHATA *et al.*, 2014).

As moléculas alteradas podem ser direta ou indiretamente, com a produção de radicais livres, íons e elétrons. Os efeitos da radiação, do tipo de célula ou tecido e do indicador (endpoint) considerado. Tais alterações nem sempre são nocivas ao organismo humano. Se a substância alterada possui um papel crítico para o funcionamento da célula, pode resultar na alteração ou na morte da célula. Em muitos órgãos e tecidos o processo de perda e reposição celular faz parte de sua operação normal. Quando a mudança tem caráter deletério, ela significa um dano (TAUHATA *et al.*, 2014).

As doses absorvidas (mGy) em crianças podem resultar em diversas patologias, como o câncer de tireoide (Tabela 1). O número de crianças acometidas por este tipo de câncer relaciona-se com a quantidade de energia transferida (dose de radiação absorvida). Já a dose efetiva é o somatório das doses equivalentes em todos os tecidos e órgãos. O aumento da dose absorvida – implica que a dose efetiva seja cumulativa, provocando efeitos hereditários.

Tabela 1 - Detectabilidade epidemiológica de efeitos biológicos.

Detectabilidade epidemiológica		Efeito hereditário	
Câncer na tireoide em crianças			
Dose Absorvida (mGy)	Número de crianças (N)	Dose efetiva (mSv)	Número de pessoas (N)
1	10.000	1	>1.000.000.000.000
10	1.000	10	>10.000.000.000
100	100	100	>100.000.000
		1.000	>1.000.000

Fonte: TAUHATA *et al.*, 2014.

Os tumores pediátricos correspondem a 1 a 3% dos casos de tumores em todo o planeta correspondem aos tumores pediátricos e 47% dos casos de crianças irradiadas na região da tireoide apresentaram hipotireoidismo. Os nódulos adenomatosos foram identificados em 30 a 90% dos casos de irradiação de cabeça e pescoço (COURA; MODESTO, 2015). A vulnerabilidade das crianças em relação à radiação ionizante está relacionada ao metabolismo celular e à expectativa de vida longa em comparação aos adultos, possibilitando assim, um maior período de tempo para manifestação da doença (LIMA, 2017).

As limitações para a utilização de radiação ionizante em crianças são indicadas pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), que propõem que para cada procedimento são preconizados limiares para a redução dos efeitos da radiação. As complicações dos níveis de radiação empregados serão verificadas somente futuramente (LIMA, 2017).

Os prejuízos da radiação ionizante em adultos são menores que em crianças (RADIOLOGYINFO, 2018), porém, quando há a síndrome de irradiação aguda em adultos expostos a altas doses de radiação, comum em acidentes com materiais radioativos, evidencia-se agravos à saúde. O acidente de Chernobyl em 1986, com a explosão do reator nuclear, elevou os casos de câncer na tireoide (TAUHATA *et al.*, 2014).

A radiação promove danos celulares que acometem inclusive o sistema circulatório, danificando as células do sangue. O sistema gastrointestinal também é afetado e manifesta os danos promovidos pela radiação por meio de náuseas e vômitos. Já no sistema nervoso, que é uma rede de transmissão de informações entre várias partes do corpo, coordenando os movimentos involuntários e voluntários, provoca apatia, ataxia e convulsões. Na gestação, o sistema nervoso será afetado quando a mãe é exposta entre a 8ª e a 25ª semanas com doses maiores que 100 mGy, iniciando a redução da inteligência do feto. A exposição na 16ª e 25ª semanas pode provocar no feto a diminuição da percepção do sistema nervoso central (TAUHATA *et al.*, 2014).

Estatísticas demonstram que a cada 100 pessoas expostas entre 4 a 4,5 Gy (gray (Gy) é unidade de medida de dose absorvida), 50 podem vir a óbito por danos causados pela radiação. Os efeitos podem ser desencadeados em função da dose, taxa de exposição (aguda ou crônica) e região do corpo (regiões definidas ou corpo inteiro) (TAUHATA *et al.*, 2014).

2.3 Otimização dos níveis de radiação e a proteção radiológica

A otimização se baseia no princípio “As Low As Reasonably Achievable” - tão baixo quanto razoavelmente exequível (ALARA), que preconiza que as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente possíveis. Isto equivale a estabelecer níveis de proteção radiológica, utilizados em todos os procedimentos e em particular, na seleção dos equipamentos, na sua operacionalização e nos sistemas de proteção (TAUHATA *et al.*, 2014).

No decorrer dos anos, a radiologia vem se estabelecendo e desenvolvendo, o que permitiu melhorar a qualidade técnica, aumentando a qualidade das imagens e a redução dos níveis de radiação. Ao comparar os métodos usados por Roentgen com os utilizados atualmente, podemos verificar que houve uma redução de 100 ou mais vezes dos níveis de radiação. Porém, estudos no

Reino Unido e nos Estados Unidos da América, no período de 1980 e 1990, mostraram muitas variações nas doses empregadas aos pacientes no mesmo exame, podendo chegar a ultrapassar 20 vezes. Este fato é decorrente dos diferentes aparelhos e acessórios utilizados pelos prestadores do serviço e ainda, relacionados aos fatores operacionais (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2004).

Para otimizar os níveis de raios X torna-se necessário o equilíbrio adequado entre a qualidade da imagem e a exposição do paciente. Em máquinas de raios-X, os níveis de raios-X são definidos pela interação entre o filtro no feixe e quantidade de Kv. Para otimizar os níveis de radiação é importante que haja: calibração dos aparelhos por um profissional qualificado e também, adequar os níveis de radiação empregados aos exames realizados (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2019).

A resolução da Comissão Nacional de Energia Nuclear (2014, p. 14) determina que a otimização:

Em relação às exposições causadas por uma determinada fonte associada a uma prática, a proteção radiológica deve ser otimizada de forma que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições mantenham-se tão baixas quanto possa ser razoavelmente exequível, tendo em conta os fatores econômicos e sociais. Nesse processo de otimização, deve ser observado que as doses nos indivíduos decorrentes de exposição à fonte devem estar sujeitas às restrições de dose relacionadas a essa fonte. No caso de exposições médicas de pacientes, a otimização médica da proteção radiológica deve ser entendida como a aplicação da dose de radiação necessária e suficiente para atingir os propósitos a que se destina.

A otimização da proteção radiológica é um dos princípios básicos da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), sendo aplicadas ao profissional e aos pacientes, e é incorporada pelas Normas Internacionais Básicas de Segurança em relação à radiação ionizante. Ressalta-se, ainda, que a exposição à radiação somente pode ocorrer em razão de indicação clínica. Ao ter um diagnóstico justificável, o processo de otimização deve ser executado com a dose em menor quantidade possível (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2004).

No processo de otimização na radiologia, existe uma fundamentação para a redução dos níveis de radiação que se baseia na diminuição das doses sem a perda das informações para o diagnóstico clínico. A redução pode auxiliar na qualidade de vida do paciente, uma vez que está atrelada ao exame que deve apresentar dados de qualidade. A comissão internacional de proteção radiológica recomenda que devem estabelecer níveis de referência para que se realize uma técnica (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2004).

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (2014) preconiza três condições para otimização do sistema de proteção radiológica que são "a) a dose efetiva anual média para qualquer IOE não excede 1 mSv; b) a dose efetiva anual média para indivíduos do grupo crítico não ultrapassa 10 Sv; c) a dose efetiva coletiva anual não supera o valor de 1 Sv" (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2014 p. 14)

2.4 Qualidade da imagem

As Diretrizes Europeias sobre Critérios de Qualidade para Imagens Radiográficas Diagnósticas foram desenvolvidas por diversos profissionais da área, tendo com objetivos informados que a qualidade da imagem adequada deve ser compatível em toda a Europa e os níveis de radiação devem ser baixos. Os critérios para a qualidade é a caracterização de níveis aceitáveis que possibilitem o diagnóstico clínico e que apresente uma base de interpretação da imagem (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2004).

Algumas orientações europeias que estão relacionados à qualidade da imagem implicam na possibilidade do diagnóstico, na dose de radiação empregados ao paciente e na técnica adequada. Os requisitos para o diagnóstico relacionados à imagem devem apresentar as estruturas anatômicas em consonância com o posicionamento adequado, o que refletirá r no sistema, devem fornecer dados quantitativos em relação aos tamanhos mínimos dos formatos anatômicos de forma visível (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2004).

Os critérios para os níveis de radiação para os pacientes são verificados a partir de doses de referência, quando ultrapassada deve ser investigada em decorrência de sua utilização. As doses são valores considerados como limitantes, e a partir delas os níveis devem ser reduzidos, comparado aos princípios de otimização da proteção. Os valores de referência são utilizados em relação a dose da

superfície de entrada para cada tipo de técnica desenvolvida com o paciente, é expressa como a dose absorvida no ar na localidade de conexão do eixo do feixe de raios X (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2004).

A qualidade da imagem depende de diferentes fatores relacionais, Martin (2007, p. 2) expõe que “a qualidade da imagem deve ser suficiente para garantir que qualquer informação de diagnóstico clínico que possa ser obtida seja visualizada. No entanto, a dose de radiação para o paciente não deve ser significativamente maior do que o necessário.”

3. CONCLUSÃO

Tendo em vista a prolongada exposição à radiação em repetições de exames realizados, como uma realidade em diversas instituições, a adoção de protocolos com menores doses de radiação tende a reduzir os agravos à saúde tais como: câncer, hipotireoidismo, deficiência do hormônio do crescimento, obesidade, diabetes mellitus e distúrbio gonadal. Em outro sentido, a otimização das doses pode contribuir para uma maior vida útil dos equipamentos de raios-X sem reduzir a qualidade da imagem. A redução das doses de radiação dos protocolos de exames poderá diminuir os níveis de radiação, reduzindo, também, a exposição aos mesmos, sem comprometimento da qualidade das imagens, possibilitando a otimização e a proteção radiológica.

4. REFERENCIAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria MS/ SVS nº453, de 1º de junho de 1998.** Brasília: Diário Oficial da União, Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/portarias/453_98.htm> Acesso em: 31 julh. 2019.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Doenças respiratórias crônicas** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/publicacoes/cadernos_ab/abcad25.pdf> Acesso em 06 mar. 2019.
3. COURA, C. F.; MODESTO, P. C. Impacto dos efeitos tardios da radiação em crianças sobreviventes de câncer: revisão integrativa. **Einstein** (São Paulo), São Paulo, v. 14, n. 1, p. 71-76, ago. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1679-45082015RW3102>> Acesso em 22 mar. 2019.
4. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN NN 3.01 Resolução 164/14.** 2014. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>> Acesso em 21 mai. 2015.
5. CLAUS, T. V.; KUNZEL, R. Otimização de Técnicas de Exposição em Radiologia Convencional. **Disc. Scientia.** Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 12, n. 1, p. 19-28, 2011. Disponível em <<https://www.periodicos.unifra.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1276/1208>> Acesso em: 31 julh 2019.
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Optimization of the radiological protection of patients undergoing radiography, fluoroscopy and computed tomography** IAEA, VIENNA, 2004. Disponível em: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1423_web.pdf> Acesso em: 20 mai. 2019.
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **What can I do to ensure that the X-ray beam spectrum is optimized for the various clinical procedures performed in our facility?** 2019. Disponível em: <<https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/radiology/radiography/optimization>> Acesso em: 20 mai. 2019.
8. GONÇALVES, G.; FARIAS, J.; GONÇALVES, T. **Radioatividade x Radiação.** 2008. 41 f. Módulo Inovador de Ensino. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/86/RadiacaoXRradioatividade.pdf>> Acesso em: 20 de Ago. de 2018.
9. LARED, W. ; SHIGUOKA, D. C. Exposição à radiação durante exames de imagem: dúvidas frequentes. **Diagn Tratamento**, v. 15, n. 3, p. 143-5, 2010. Disponível em: <<http://files.bvs.br/upload/S/1413-9979/2010/v15n3/a1563.pdf>> Acesso em: 31 julh 2019.
10. LIMA, L. G. C. S. **Risco de exposição à radiação ionizante em crianças e adolescentes participantes de um programa de controle da asma em comparação à população geral.** 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-09082017-105459/publico/2017LimaRisco.pdf>> Acesso em 22 mar. 2019.

11. MARTIN, C. J. Optimisation in general radiography. *Biomed Imaging Interv J*, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3097657/pdf/bij-03-e18.pdf>> Acesso em 21 mai. 2019.
12. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. Radiação: efeitos e fontes, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **UNEP**, Versão Eletrônica, 2016. Disponível em:< https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/-Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources_PT.pdg.pdf?sequence=13&isAllowed=y> Acesso em 13 abr. 2018.
13. RODRIGUES, G. O. **Avaliação das doses de radiação em radiografias do tórax**. 2011. 112 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde) Fundação Universitária de Cardiologia - Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. Disponível em < <http://www.ppgcardiologia.com.br/wp-content/uploads/2013/11/Guilherme-Oberto-Rodrigues.pdf>> Acesso em 31 julh 2019.
14. RONSINI, G. H., COLENCI, R. Importância da irradiação de bolsas de transfusão de concentrado de hemácias na prevenção de reações adversas. **Rev. Tekhne e Logos**, v. 8, n. 2, p121-130. 2017. Disponível em: < www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/download/475/306> Acesso em: 10 de janeiro de 2019.
15. SAINT' YVES, T. L. A.; TRAVASSOS, P. C. B.; GONÇALVES, E. A. S.; A., F. M.; SILVEIRA, T. B. Otimização da relação dose x ruído na imagem em protocolos de tomografia computadorizada de crânio pediátrico. **Revista Brasileira de Física Médica**. n.4, v.1, p. 11-4. 2010. Disponível em <www.rbfm.org.br/rbfm/article/download/44/v4n1p11> Acesso em: 31 julh 2019.
16. TAUHATA, L., SALATI, I., PRINZIO, R. D., PRINZIO, A. R. D. **Radioproteção e dosimetria: fundamentos**. rev. 10, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: < http://www.ird.gov.br/index.php/component/jdownloads/send/36-apostilas/105-radioprotecao-e-dosimetria-fundamentos-final-i?option=com_jdownloads> Acesso em: 23 de set. 2018.
17. VELUDO, P. C. **Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de Coimbra. Disponível em: < <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20124/1/Efeitos%20da%20Radia%C3%A7%C3%A3o-X%20e%20Niveis%20de%20Exposi%C3%A7%C3%A3o%20em%20Exames%20Imagiol%C3%B3gicos.pdf>> Acesso em: 20 de Agosto de 2018.

Endereço Eletrônico:

Gabrielli Nunes Silva

E-mail: gaby.bsb.bsb@hotmail.com

Rosângela Silqueira Hickson

E-mail: rosangela@biosiscompany.com.br

Vera Lúcia Teodoro dos Santos

E-mail: veraluciats@gmail.com

Thalita Lauanna Gonçalves da Silva Ferreira

E-mail: thalitalauanna@gmail.com

Vinicius dos Reis Silva

E-mail: viniciusdosreissilva2007@hotmail.com

Recebido em: 14 de Agosto de 2019

Aceito em: 24 de Agosto de 2019