

AVALIAÇÃO DE DOSE ASSOCIADA A PATOLOGIA

 <https://doi.org/10.56238/arev6n4-327>

Data de submissão: 19/11/2024

Data de publicação: 19/12/2024

Fernando França Reis
IFBA

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4653037685544981>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8093-6410>
E-mail: fernandofrancareis@outlook.com

Bárbara Catarina da Silva dos Santos

Tecnóloga em Radiologia
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7689456195648945>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-5393-3288>
E-mail: barbara96css@gmail.com

Cristiana María da Silva

Fisioterapeuta
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0358-2743>
E-mail: crismariafisio7@gmail.com

Guillermo Alberto López

Doutor em Processos Interativos de Órgãos e Sistemas
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8949059624508320>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9944-8571>
E-mail: guillermolopez@ifba.edu.br

RESUMO

Objetivo: Este estudo teve como objetivo avaliar como as alterações realizadas nos parâmetros de exposição devido as suspeitas patológicas, podem elevar a dose em radiografia de tórax em dois posicionamentos, pôstero-anterior e perfil, e se a dose entregue ao paciente está de acordo com o valor recomendado pela RDC 611/2022 (IN nº 90). **Metodologia:** Foi realizado um estudo exploratório e descritivo a partir de dados previamente coletados de forma observacional em um hospital da cidade de Salvador-BA. Foram coletados 200 parâmetros de exposição (tensão e produto corrente tempo), dos 100 pacientes, e quais foram as patologias associadas a cada um deles. Estes dados coletados foram reproduzidos no equipamento de raios X fixo digital, pertencente à clínica escola do Instituto Federal da Bahia. Foi utilizado um sistema de medição de raios X com câmara de ionização e sensores de dose de estado sólido específicos para raios X, que indicou o valor da dose de entrada na pele (DEP) em software instalado em laptop. **Resultados:** Constatou-se que o valor de DEP entregue aos pacientes está de acordo com o valor de referência máximo estabelecido pela RDC 611/2022 (IN nº 90). Os valores dos parâmetros de exposição demonstraram que mesmo pela alteração fisiológica causada pelos patógenos, a tensão (kV) pouco foi alterada, enquanto o valor do produto corrente tempo (mAs) teve um grande acréscimo de 210% entre as incidências. **Conclusão:** Apesar do valor encontrado para a dose de entrada na pele estar de acordo com os limites estabelecidos, foi notado que para cada patologia, pouco se foi feito para uma alteração proporcional dos parâmetros selecionados, não

somente para as suspeitas patológicas, como também entre as incidências, enquanto a penetrabilidade do feixe pouco foi alterada, a quantidade de raios X produzidos foi duplicado, aumentando a dose sem de fato ter um valor diagnóstico para a imagem.

Palavras-chave: Tensão, Patologias, Incidências.

1 INTRODUÇÃO

A imagem registada pela exposição de qualquer um dos receptores de imagem aos raios X é chamada de radiografia, lembrando que a cada passo na realização de um procedimento radiográfico, este deve ser completado com exatidão para garantir que a quantidade máxima de informação seja registada na imagem, pois, a informação obtida através da realização do exame radiográfico pode revelar a presença ou ausência de anomalias ou traumatismos, esta informação por sua vez ajuda no diagnóstico e no tratamento do paciente (Frank et al, 2016). Mas apesar de sua grande importância no diagnóstico médico, as radiações possuem seus riscos, os quais os profissionais operantes devem sempre buscar sua minimização, para que assim o benefício do exame seja sempre superior ao risco.

Visto que existem riscos provenientes das radiações, os efeitos biológicos das radiações podem ser divididos em dois, os determinísticos: esses efeitos são somáticos e resultam da exposição a uma alta dose de radiação e costumam se manifestar acima de certa dose, a dose limiar, que é determinada conforme o tecido irradiado. Esses efeitos são mais graves quanto mais altas sejam as doses de radiação (López, 2021). Já os efeitos estocásticos são aqueles não possuem um limiar para ocorrerem, assim qualquer procedimento de imagiologia ou terapia que envolva a utilização de radiação envolve algum risco (Singh e Neutze, 2011).

Assim, com o crescente aumento das exposições médicas a radiação ionizante, chegando em 2020 a ultrapassar 4 milhões de exames realizados em um ano em todo o mundo (Unscear, 2020). Dentre eles a radiografia do tórax, por ser um exame útil, rápido, não invasivo e de baixo custo, continua sendo um dos mais solicitados no Brasil, correspondendo a cerca de 30% a 50% das radiografias (Guimieri, 2018). Dessa forma o técnico ou tecnólogo em radiologia deve buscar minimizar a dose de radiação para o paciente, para si próprio e para os outros, de acordo com o princípio ALARA que define que a dose entregue ao paciente deve ser tão baixa quanto razoavelmente exequível (Fauber, 2017).

A qualidade da imagem e a quantidade de radiação em um exame radiográfico estão intimamente ligadas às características técnicas específicas, entre elas os parâmetros de exposição das técnicas radiográficas como tensão e corrente aplicadas ao tubo, colimação efetiva, ponto focal, posicionamento do paciente, distância foco-filme e objeto-filme, dos conhecimentos técnicos do operador, do estado físico e psíquico do paciente (Silva et al., 2013). Outro fator que pode acarretar alterações nos parâmetros é a suspeita patológica que pode interferir na escolha dos parâmetros já apresentados, pois dependendo da patologia, pode ser necessário uma maior ou menor penetrabilidade do feixe de raios X, para melhor visualização da estrutura ou órgão afetado.

A penetrabilidade do feixe é definida por meio da tensão (Kilovoltagem, kV), a tensão é responsável por controlar a energia (poder penetrante) do feixe de raios X, e o produto corrente tempo (Miliamperes por segundo, mAs), é responsável pelo controle da quantidade ou número de raios X produzidos e o tempo da exposição (Bontrager, 2015),

Tendo em vista os fatores supracitados, e com o crescente aumento na realização de radiografias de tórax, o presente estudo tem como objetivo aferir o valor da Dose de Entrada na Pele (DEP) associados a suspeita patológica do paciente, durante os exames radiográficos de tórax realizados em equipamentos de raios X convencionais, em dois posicionamentos, póstero-anterior (PA) e perfil.

2 METODOLOGIA

2.1 COLETA DE DADOS

O estudo foi realizado a partir de dados previamente coletados com autorização através de carta de anuência da Diretoria de Ensino e Pesquisa da Instituição de forma observacional em um hospital privado, na cidade de Salvador – BA.

Radiografias de tórax em dois posicionamentos, póstero-anterior e perfil (rotina), foram conduzidos por técnicos e tecnólogos em radiologia. Ao todo, foram coletados parâmetros de exposição, sendo eles a tensão (kV) e o produto corrente tempo (miliamperes por segundo, mAs), de 100 pacientes, com a suspeitas patológicas (Pneumonia, Atelectasia, Tuberculose, Doença pulmonar obstrutiva crônica, Derrame pleural, Infecção do trato respiratório) de cada um. Estes parâmetros foram coletados dos equipamentos de raios X convencional fixos de modelo SIEMENS® Multix B com constante de 40kV e PHILLIPS® Compacto Plus 500 com constante de 30kV.

Como critério de inclusão, foram selecionados para amostragem, pacientes adultos típicos, de ambos os gêneros e idade maior ou igual a 18 anos. A RDC 611/2022 (IN nº 90), define o indivíduo típico como aquele em que as características biométricas sejam: peso entre 60 e 75 kg e altura entre 1,60 e 1,75 m. Como critério de exclusão, foram descartados os pacientes que não se encaixavam neste perfil estabelecido. Para a compilação dos parâmetros de exposição foi utilizado um quadro (Quadro 1), e para avaliação das patologias, pelo número de pacientes sobre suspeita foi utilizado uma tabela (Tabela 1).

Quadro 1 – dados dos parâmetros técnicos em planilha eletrônica

PCT	Kv	mAs	Incidencia
1	92	7	PA
	92	23	PERFIL
2	95	3	PA
	97	13	PERFIL
3	92	5	PA
	92	16	PERFIL
4	90	10	PA
	90	25	PERFIL
5	95	5	PA
	95	18	PERFIL

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Tabela 1 – dados da população do estudo, associados a cada patologia

SUSPEITA PATOLÓGICA	Média	Número de pacientes
PNEUMONIA		15
ATELECTASIA		16
TUBERCULOSE		17
DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA		19
DERRAME PLEURAL		15
INFECÇÃO DO TRATO RESPIRATORIO		18

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

2.2 TESTAGEM DOS PARÂMETROS

Com os dados dos fatores técnicos (kV e mAs) coletados dos equipamentos pertencentes ao hospital privado, estes foram inseridos no equipamento de raios X fixo digital, da marca Konica Minolta® modelo DRX (Figura 1), pertencente ao laboratório LAFIR 2 da clínica escola do Instituto Federal da Bahia. Complementarmente, foi anotado a suspeita patológica de cada um dos pacientes 100 pacientes.

Figura 1 - Equipamento de raios X convencional digital Konica Minolta® modelo DRX



Fonte: Autor, 2024.

Para simular a presença do paciente foi utilizado um Phantom comercial da marca Pixy modelo RSD 101 (Figura 2) e um sistema de medição de raios X com câmara de ionização, e sensores de dose de estado sólido específicos para raios X, modelo RADCAL® Accu-Gold (Figura 3).

Figura 2 – Phantom de Tórax em posicionamento PA



Fonte: Autor, 2024.

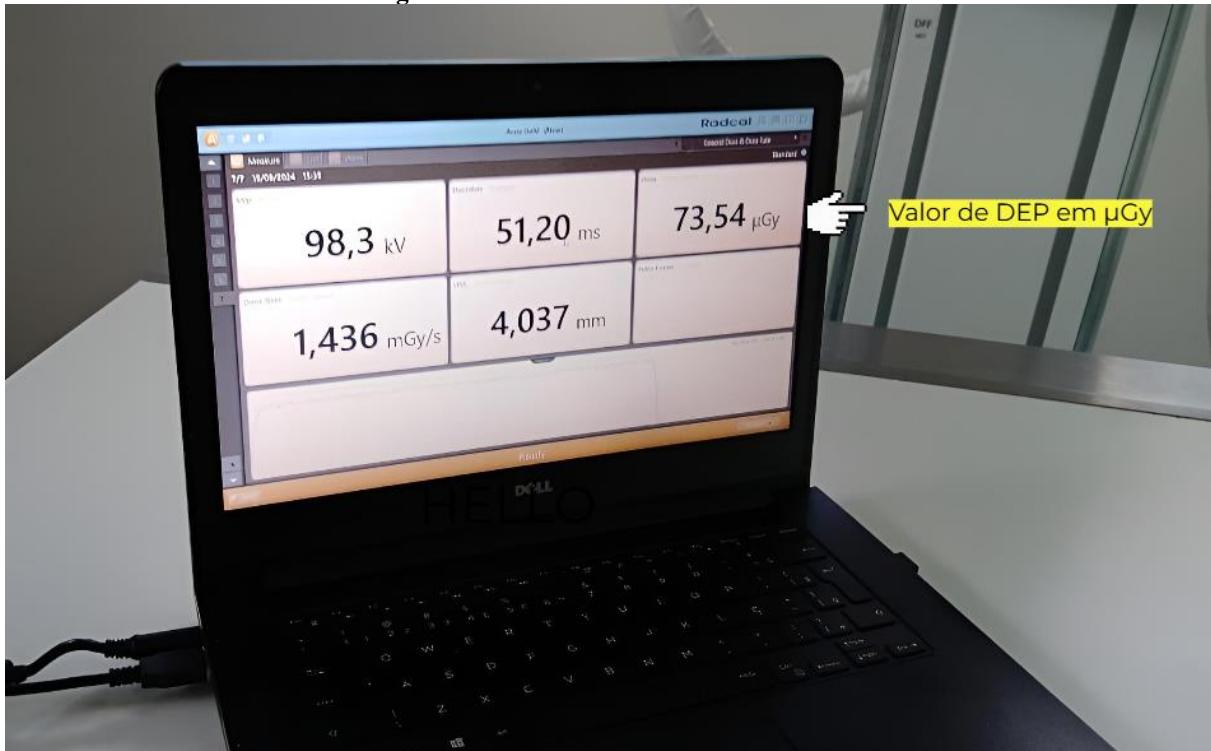
Figura 3 – Sensor de estado sólido e câmara de ionização Radcal® AccuGold®



Fonte: Autor, 2024.

O valor de DEP foi indicado em software instalado em laptop (Figura 4), com o valor dado em microgray (μ Gy) e posteriormente convertido para miligray (mGy). Para cada uma das incidências, foram realizadas 3 radiografias e então foi feito a média para se ter uma maior confiabilidade no resultado.

Figura 4 – software RADCAL® Accu-Gold



Fonte: Autor, 2024.

Os resultados foram compilados e apresentados em números absolutos e percentuais, sob a forma de tabelas.

3 RESULTADOS

Tendo em vista cada suspeita patológica, foi realizado a partir dessa divisão uma média dos parâmetros técnicos (tensão e produto corrente tempo) e uma média para a dose de entrada na pele (DEP). Cada patologia foi separada pelo número total de pacientes com suspeita da mesma. Tendo como referência o valor de referência máxima estabelecida pela RDC 611/22 IN nº 90 (Tabela 2)

Tabela 2 - Valor de referência máxima para radiografia de tórax - RDC 611/22 IN nº 90

Radiografia de tórax	
INCIDÊNCIA	DEP – mGy
PA	0,4
PERFIL	1,4

Fonte: Autor, 2024

Para os 15 pacientes com suspeita de pneumonia a média (Tabela 3), constatou-se que a diferença da tensão (kV) entre as incidências teve um pequeno aumento, com um acréscimo de 0,67

kV, enquanto o mAs teve um aumento de 11,76 (aumento de aproximadamente 177%), o que levou a um grande aumento na dose.

Tabela 3 - Média para pacientes com suspeita de Pneumonia.

Média			
INCIDÊNCIA	kV	mAs	DEP – mGy
PA	93,73	4,11	0,07
PERFIL	94,4	15,87	0,22

Fonte: Autor, 2024.

Para os 16 pacientes com suspeita de atelectasia, para a média (Tabela 4), foi seguido a mesma lógica na escolha, enquanto a tensão (kV) sofreu um aumento de 2 kV, já o mAs teve um aumento de 12,12 (aumento de aproximadamente 253%).

Tabela 4 - Média para pacientes com suspeita de Atelectasia.

Média			
INCIDÊNCIA	kV	mAs	DEP – mGy
PA	95,06	4,79	0,07
PERFIL	97,06	16,91	0,24

Fonte: Autor, 2024.

Para os 17 pacientes com suspeita de tuberculose a média (Tabela 5), entre as incidências, para a tensão o valor sofreu um aumento de 1,71 kV, enquanto o mAs teve um aumento de 11,12 (aumento de aproximadamente 205%)

Tabela 5 - Média para pacientes com suspeita de Tuberculose.

Média			
INCIDÊNCIA	kV	mAs	DEP – mGy
PA	94,35	5,41	0,08
PERFIL	96,06	16,53	0,24

Fonte: Autor, 2024.

Para os 19 paciente com suspeita de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), a média encontrada (Tabela 6) demonstrou um aumento da tensão de 0,10 kV, o mAs teve um aumento de 13,21 (aumento de aproximadamente 236%).

Tabela 6 - Média para pacientes com suspeita de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica.

INCIDÊNCIA	Média		
	kV	mAs	DEP – mGy
PA	92,11	5,58	0,08
PERFIL	92,21	18,79	0,26

Fonte: Autor, 2024.

Para os 15 pacientes com suspeita de derrame pleural a média (Tabela 7), apresentou que a tensão (kV) aumentou em 1,2 kV. O mAs por sua vez teve uma adição de 11,88 (aumento de aproximadamente 226%).

Tabela 7 - Média para pacientes com suspeita de Derrame Pleural.

INCIDÊNCIA	Média		
	kV	mAs	DEP – mGy
PA	93,67	5,25	0,07
PERFIL	94,87	17,13	0,25

Fonte: Autor, 2024.

Por fim, para os 18 pacientes com a suspeita de infecção do trato respiratório (ITR), a média (Tabela 8) demonstra que a tensão (kV) foi mantida a mesma para ambas as incidências, diferente da tensão o valor de mAs sofreu uma adição de 11,64 (aumento de aproximadamente 158%).

Tabela 8 - Média para pacientes com suspeita de Infecção do trato respiratório.

INCIDÊNCIA	Média		
	kV	mAs	DEP – mGy
PA	93,39	7,33	0,13
PERFIL	93,39	18,97	0,32

Fonte: Autor, 2024.

Adicionalmente, para avaliar o total da dose, foi feita a média de todas as incidências para os 100 pacientes (Tabela 9), apesentando um aumento na tensão (kV) de 0,91 kV, enquanto o mAs teve um acréscimo de 12,04 (aumento de aproximadamente 211%).

Tabela 9 - Média total por incidências e seus valores de DEP em referência

INCIDÊNCIA	Média		
	kV	mAs	DEP – mGy
PA	93,64	5,70	0,09
PERFIL	94,55	17,74	0,25

Fonte: Autor, 2024.

4 DISCUSSÃO

Toda atividade que envolva a proteção radiológica na área de diagnóstica é voltada para minimizar a exposição à radiação de pacientes e dos trabalhadores, um dos princípios fundamentais da proteção radiológica é minimizar o tempo, pois a dose recebida por um indivíduo está diretamente relacionada à duração da exposição, já que se o tempo durante o qual um indivíduo é exposto à radiação é dobrado, a dose será dobrada (Bushong, 2010).

Atualmente, em todo o mundo tem se adotado que qualquer dose, por menor que seja, está associada à probabilidade de ocorrência de danos (efeitos estocásticos), se levando a adoção de três princípios básicos, a justificativa que diz que qualquer atividade que envolva radiação deve trazer um benefício maior do que prejuízo; a otimização que define que a dose deve ser tão baixa quanto razoavelmente exequível (ALARA - As Low As Reasonably Achievable); e o princípio da limitação de dose individual que determina que as doses individuais de trabalhadores e indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de dose (CNEN, 2014). Sendo a otimização a base para a realização desse projeto.

Os resultados encontrados expõem que a dose de entrada na pele entregue aos pacientes durante suas radiografias de tórax está de acordo com o valor máximo de referência estabelecido pela RDC 611/22 IN nº 90 tanto quando falamos sobre os diferentes grupos associados a diferentes patologias quanto da média geral de todos os 100 pacientes. Para maior comparação, o valor para PA está 77,5% menor que o valor referencial, enquanto o valor da dose para perfil se encontra 82,14% menor.

Contudo, apesar da dose está em conformidade é importante se atentar nas mudanças realizadas nos parâmetros de exposição, se tratando da média total dos pacientes, enquanto o produto corrente tempo (mAs) teve um aumento percentual de aproximadamente 211% entre as incidências, que levou a também o aumento da dose já que a quantidade de raios X é diretamente proporcional ao produto corrente-tempo (Bushong, 2010), já a tensão (kV) responsável pela penetrabilidade do feixe de raios X, como explicado anteriormente, teve um aumento percentual entre as incidências de aproximadamente 1%.

O que leva por sua vez, a perda de detalhes na imagem radiográfica, por conta das alterações causadas na densidade dos tecidos pelas patologias, assim as alterações dos parâmetros estão apenas ocasionando o aumentando da dose, não contribuindo para o diagnóstico correto.

A fisiopatologia de cada uma das doenças, possui características específicas que podem levar a necessidade da adequação dos parâmetros.

A pneumonia tem origem nas vias respiratórias e se espalha para os alvéolos, dessa forma produz uma resposta imunitária nos pulmões que faz com que os sacos alveolares se enchem de

exsudato (Fleming, 2008). Radiograficamente a inflamação causada leva a um aumento da radiodensidade do tecido, requerendo assim um aumento na penetrabilidade do feixe e um ajuste no produto corrente tempo (mAs) para não se ter a perda de contraste, mas o que foi evidenciado é que a alteração para a tensão (kV) foi de aproximadamente 0.7% enquanto o mAs teve um aumento percentual de aproximadamente 286%.

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) se caracteriza pela obstrução persistente das vias aéreas que em geral causa dificuldade no esvaziamento dos pulmões; pode ser causada por enfisema ou bronquite crônica (o tabagismo é a causa principal da DPOC) (Bontrager, 2015). Devido a destruição da elastina nos alvéolos, o pulmão tende a perder sua elasticidade o que faz com que o ar fique estagnado levando a um aumento do volume aéreo residual. Radiograficamente essa hiperinsuflação leva a um aumento da presença de ar na estrutura e uma dilatação excessiva do pulmão, o que faz com que uma diminuição na penetração do feixe, para melhor visualização seja necessária, os resultados constataram um aumento da tensão (kV) de uma incidência para outro, de 0.1%, assim como o mAs deveria se manter ou até mesmo reduzir seu valor, porém esta população sofreu um aumento percentual de aproximadamente 196%.

A atelectasia se refere ao colapso de uma região pulmonar periférica, segmentar ou lobar, ou ao colapso de um ou ambos os pulmões, resultando na incapacidade de efetuar trocas gasosas podendo ocorrer em casos mais graves o deslocamento da traqueia do coração (Hernández, 2008). Essa dificuldade da entrada de ar, leva a um aumento da densidade pulmonar, assim um aumento na tensão (kV) acabaria auxiliando na melhor visualização da patologia, contudo o resultado mostra que esse aumento chegou a apenas 2%, enquanto o mAs teve um aumento expressivo de aproximadamente 253%.

O derrame pleural pode ser inflamatório ou não inflamatório, ocorre devido ao acúmulo de líquido seroso na pleura, esse acúmulo leva a compressão dos pulmões, causando angústia respiratória no paciente (Kumar et al, 2016). Ambos os tipos de derrame pleural podem ser demonstrados através da presença de níveis líquidos em radiografias do tórax com raios horizontais, pequenas quantidades são mais visíveis no decúbito lateral com o lado afetado para baixo ou em posição ortostática (Bontrager, 2015). Assim como a atelectasia, devido à redução na capacidade do pulmão se dilatar, ocorre o aumento da radiodensidade, somado a presença de líquido no espaço pleural, se faz necessário o aumento da tensão (kV) para melhor visualização, para esta patologia o aumento percentual de kV foi de aproximadamente 1.2%, já o mAs teve um aumento percentual de aproximadamente 226%.

Infecções no trato respiratório (IRT) podem ser simples, causadas por agentes bacterianos ou virais. Dependendo da sua gravidade pode não ser necessário a alteração dos parâmetros, talvez

somente um ajuste discreto do mAs. Assim, foi observado que entre as incidências, a tensão não sofreu alteração alguma, mesmo com o aumento da estrutura corporal, e o mAs teve um aumento percentual de 158%

A tuberculose por sua vez é causada pela inalação de micobactérias, é transmitida principalmente por gotículas de ar, mas também pode ser transmitida pela inalação dessas micobactérias secas (Fleming, 2008). Para esta patologia Incidências AP lordóticas são frequentemente solicitadas, pois são melhores para a visualização de calcificações e cavitações nos ápices e lobos superiores (Bontrager, 2015). Assim, dependendo da extensão dessas calcificações ou fibroses, é necessário um aumento da tensão devido a sua maior densidade. Os resultados demonstraram um aumento percentual para a tensão (kV) de aproximadamente 1.8%, enquanto o mAs teve um aumento percentual de aproximadamente 205%.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, conclui-se que a dose de entrada na pele, está em conformidade com os valores de referência máximos estabelecidos pela RDC 611/22 IN nº 90. Contudo, é notório que a seleção dos parâmetros, se levando em conta as suspeitas patologias que acometiam os pacientes, não foi efetivada de uma forma em que as alterações fisiológicas causadas pelas mesmas, fossem consideradas, podendo resultar assim em uma perda de detalhes para um melhor diagnóstico.

Além disso, o aumento de um percentual tão grande do produto corrente tempo (mAs) levou a um aumento expressivo entre as incidências, o que poderia ser evitado com um controle entre a tensão (kV) e o mAs, pois, para cada aumento de 15% no kV, é possível reduzir o mAs pela metade sem comprometer a qualidade da imagem, reduzindo também a dose entregue. Dessa forma, se mostra a necessidade da implementação de um programa de educação permanente (PEP) para um treinamento adequado dos profissionais.

REFERÊNCIAS

BONTRAGER, Kenneth L.; LAMPIGNANO, John P. Tratado de posicionamento radiográfico e anatomia associada. 8. ed. Rio de Janeiro: *Elsevier*, 2015.

Bushong SC. Ciência radiológica para tecnólogos. 9^a ed. Rio de Janeiro, RJ: *Elsevier*; 2010.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). Princípios básicos de segurança e proteção radiológica. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: *CNEN*, 2014. Disponível em: <<https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/centro-de-informacoes-nucleares/material-didatico-1/principios-basicos-de-seguranca-e-protectao-radiologica-terceira-edicao-revisada.pdf>>. Acesso em: 8 de dezembro de 2024.

FAUBER, Terri L. Radiographic imaging and exposure. 5th ed. St. Louis: *Elsevier*, 2017.

FLEMING, John. Fundamentals of Radiographic Pathology. Three Phase CEUs & SCS *Continuing Education*, 2008.

GUMIERI, Dhiego Donizethe Ferreira. ABC.. na avaliação sistemática da radiografia de tórax. Revista Curie&Roentgen – *Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia (CONTER)*, Brasília – DF, p. 1-9, 2018. Disponível em: <<https://conter.gov.br/uploads/trabalhos/p41.pdf>>. Acesso em: 8 de setembro de 2024.

HERNÁNDEZ, Concepción Oliva et al. Atelectasia. Bronquiectasias. 2008. Disponível em: <<https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/14.pdf>>. Acesso em: 9 de dezembro de 2024.

KUMAR, Vinay; ABBAS, Abul K.; ASTER, Jon C. Robbins & Cotran: bases patológicas das doenças. 9. ed. Tradução adaptada. Rio de Janeiro: *Elsevier Editora Ltda.*, 2016.

LÓPEZ, Guillermo Alberto. Análise comparativa de doses de entrada e produtos dose/área em órgãos da cabeça e pescoço [livro eletrônico / Guillermo Alberto López - Triunfo, PE: *Omnis Scientia*, 2021.

FRANK, Eugene D.; LONG, Bruce W.; SMITH, Barbara J. Merrill's Atlas of Radiographic Positioning and Procedures. 13. ed. v. 1. St. Louis: *Elsevier*, 2016.

Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 611, de 9 de março de 2022. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/03/2022&jornal=515&pagina=107>>. Acesso em: 30 de novembro de 2024.

SINGH, Harjit; NEUTZE, Janet A. (Ed.). Radiology fundamentals: introduction to imaging & technology. 4th ed. Cham: *Springer*, 2011.

UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation. v. 1 – Sources, Report to General Assembly, with Scientific Annexes, New York, 2022. Disponível em: <https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/publications/UNSCEAR_2020_21_Annex-A.pdf>. Acesso em: 30 de novembro de 2024