

Doses nos Pacientes com COVID-19 Submetidos a Tomografia Computadorizada: Revisão da Literatura

Monique França e Silva
Faculdade de Engenharia Elétrica
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0001-6305-9526

Samara Pavan Souza
Faculdade de Engenharia Elétrica
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica
Universidade Federal de
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0003-0941-0340

Lucio Pereira Neves
Instituto de Física
Faculdade de Engenharia Elétrica-
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID:0000-0001-9152-7972

Ana Paula Perini
Instituto de Física
Faculdade de Engenharia Elétrica-
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0003-3398-3165

Resumo - A situação de pandemia, causada pela COVID-19 em 2020, resultou em muitas mortes de pessoas que contraíram o vírus. O exame de tomografia computadorizada de tórax é utilizado para detectar a COVID-19 precocemente e, também, útil para verificar a evolução da doença. Para a formação de imagem neste procedimento, é necessário a utilização de radiação ionizante, portanto é importante se atentar às doses de radiação recebidas pelos pacientes em cada exame realizado. Alguns efeitos oriundos da radiação ionizante no corpo humano são as reações teciduais, como por exemplo, eritemas, vermelhidão e descamação da pele e os efeitos estocásticos, como o câncer. Neste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica com artigos publicados recentemente que fazem uso da tomografia computadorizada de tórax para pacientes diagnosticados com COVID-19 e trabalhos publicados a algum tempo que mostram os efeitos adversos devido à radiação ionizantes; também foram avaliados os parâmetros de aquisição destas imagens, e como isso influenciou nas doses recebidas pelos pacientes. A pesquisa foi realizada nas plataformas *Google Scholar* e *Semantic scholar*, a busca foi realizada em inglês, com a seguinte frase: “Radiation dose exposure in patients with “COVID-19””, e, também, foram utilizadas palavras complementares, ao todo foram estudados 14 trabalhos publicados recentemente. Como resultado, as doses efetivas recebidas pelos pacientes nesta pesquisa variaram de 1 mSv até 16,4 mSv, isso se deve a alguns fatores que influenciam diretamente na dose recebidas, como: massa corporal, idade e diferença entre protocolos seguidos. Observou-se que utilizando novos protocolos propostos para o exame de TC de tórax, houve uma redução de até 65% nos valores de dose. As doses variam por região e por protocolos aplicados, o importante é que o profissional opte sempre pela menor dose possível (com otimização dos protocolos) sem que a boa qualidade da imagem seja prejudicada, seguindo o princípio de proteção radiológica ALARA.

Palavras chave— Tomografia computadorizada, COVID-19, dosimetria, radiação ionizante.

Summary— The pandemic situation caused by COVID-19 in 2020 resulted in many deaths of people who contracted the virus. Computed tomography scans of the chest are used to detect

COVID-19 early and are also useful to check the evolution of the disease. For imaging in this procedure, it is necessary to use ionizing radiation, so it is important to pay attention to the radiation doses received by patients in each exam performed. Some effects arising from ionizing radiation in the human body are deterministic effects such as erythema, redness and peeling of the skin and stochastic effects, such as cancer. In this work, a literature review was carried out with recently published works on the use of chest tomography for patients diagnosed with COVID-19 and works published for some time that show the adverse effects due to ionizing radiation; the acquisition parameters of these images were also evaluated, and how this influenced the doses received by the patients. The survey was conducted on *Google Scholar* platforms and *Semantic scholar*, the search was conducted in English, with the following sentence: “Radiation dose exposure in Patients with “COVID-19” “and complementary words were also used, and a total of 14 recently published works were studied. As a result, the effective doses received by patients in this research ranged from 1 mSv to 16.4 mSv, this is due to some factors that directly influence the dose received, such as: body mass, age, and difference between followed protocols. It was observed that using new protocols proposed for chest CT examination, there was a reduction of up to 65% in dose values. The doses vary by region and by applied protocols, the important thing is that the professional always chooses the lowest possible dose (with protocol optimization) without harming the good image quality, following the ALARA radiological protection principle.

Keywords— Computerized tomography, COVID-19, dosimetry, ionizing radiation.

I. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde [1] determinou o cenário de Pandemia devido à COVID-19, em Março de 2020, e desde então houve registros de milhares de mortes por causa do Coronavírus (SARS-CoV-2) por todo o mundo. Os pesquisadores Huang *et al.* (2020) [2] e Xie *et al.* (2020) [3] estudaram imagens de tórax dos pacientes com COVID-19 obtidos por meio da tomografia computadorizada (TC), e perceberam sinais padrões de consolidações e vidro fosco. Com esses sinais padrões, as instituições, Colégio Brasileiro

de Radiologia e Diagnóstico por imagem (CBR) e *American College Of Radiology (ACR)*, autorizaram a utilização de exames de TC para o monitoramento e avaliação das infecções da doença nos pulmões dos pacientes ocasionados pelo vírus [4,5].

Além da TC, outros exames de imagens como radiografia [6] e ressonância magnética [7] foram utilizadas para as avaliações das extensões do Coronavírus nos pulmões dos pacientes. Porém, Kandeler (2011) [8] aponta que a TC possui uma alta resolução e detalhamento nas imagens, devido a sua alta sensibilidade de detecção dos coeficientes de atenuação dos tecidos biológicos com a radiação ionizante, sendo 10 vezes maior que o exame de radiografia convencional. Também, Fang *et al.* (2020) [9] afirmam que há 98% de sensibilidade no exame de TC de tórax para o diagnóstico da COVID-19, e esse exame contribui para o monitoramento das extensões pulmonares nos diferentes estágios da doença, proporcionando intervenções clínicas nos pacientes.

O número de exames de TC de tórax aumentou durante a pandemia [10,11]. No Hospital Universitário de Parma (Itália), por exemplo, foram realizados 3.224 exames em 2 meses durante a Pandemia do COVID-19, o qual no mesmo período no ano anterior à doença, foram realizados apenas 405 exames, mostrando um aumento de 87% na utilização deste tipo de exame [10]. Isto se deve ao fato de os médicos estarem preocupados com a rapidez das infecções e dos comprometimentos nos pulmões dos pacientes com COVID-19, sendo o exame de TC de tórax uma ferramenta necessária e fundamental para a compreensão e acompanhando dos casos clínicos. Estudos realizados por Ghetti *et al.* (2020) e Cristofaro *et al.* (2021) [10-12] apontam que muitos pacientes com COVID-19 estão sendo submetidos a 3 a 8 exames de TC de tórax em um curto intervalo de tempo. Há casos mais críticos e preocupantes, como descrito por Cristofaro *et al.* (2021) [12], em que pacientes foram submetidos a 14 exames de tomografia para o acompanhamento da doença em 20 dias, resultando em uma dose efetiva de 21 a 67 mSv. Desta maneira, outras questões que são importantes de serem consideradas como os efeitos biológicos ocasionados pela exposição de radiação ionizante [13] podem ser subestimados.

Assim, como a TC trata-se de um exame que utiliza radiação ionizante para a obtenção de imagens, é de suma importância cumprir e respeitar o princípio de proteção radiológica internacional ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), o qual determina que as doses equivalentes e efetivas recebidas pelo paciente, ao passar por um procedimento que utiliza radiação ionizante, devem ser “tão baixas quanto razoavelmente exequíveis” [14]. Uma vez que estudos realizados por Tauhata (2013), Brody *et al.* (2007) e Tabatabaei *et al.* (2020) [13,15-16] apontam que a exposição à radiação ionizante pode proporcionar diversos efeitos biológicos, como reações teciduais e efeitos determinísticos. Em casos de pacientes submetidos a TC de tórax, os efeitos podem ser dermatite, câncer na tireoide, leucemia entre outros [17-19]. As doses efetivas ficam em torno de 5 mSv a 20 mSv [20].

Portanto, este trabalho tem por objetivo investigar as doses de radiação recebidas pelos pacientes com COVID-19, durante o exame de TC de tórax, com finalidade de diagnóstico e monitoramento da doença, por meio de uma revisão da literatura, com o intuito compreender o cenário atual e ressaltar a importância das medidas e dos princípios de proteção radiológica durante o exame que utiliza radiação

ionizante. Brambilla *et al.* (2021) [21], apontam em seu estudo que em um único exame de TC o paciente recebeu uma dose efetiva cumulativa superior a 100 mSv, e que há vários protocolos de varredura, e conseqüentemente levando a variados valores de doses, nos diferentes centros de saúde do mundo, segundo o estudo organizado pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) [22].

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Coleta e Seleção de dados

A metodologia utilizada nessa pesquisa exploratória e descritiva [23] baseia-se na investigação de dados, por meio de levantamento e coleta de informações disponíveis nas plataformas *Google Scholar* e *Semanticscholar*. Esta pesquisa tem o intuito de estudar as doses de radiação recebidas pelo paciente com COVID-19, submetido a exames de TC de tórax.

Para o critério de busca dos artigos científicos foi estabelecida a frase “*Radiation dose exposure in patients with COVID-19*”, e para o refinamento foi acrescentado as palavras chaves: *computed tomography, effective doses, diagnosis and monitoring*, resultando em um total de 193 artigos encontrados. Os critérios estabelecidos para a seleção dos artigos foram: (i) publicação no período de 2020 e 2021; (ii) apresentar dados de dose efetiva; (iii) o uso da TC em pacientes com COVID-19 para o diagnóstico e/ou monitoramento das extensões dos efeitos do vírus nos pulmões. Com isso, foram selecionados 14 artigos científicos.

Os dados de interesse nos artigos científicos selecionados foram: (i) parâmetros de varredura (tensão no tubo, corrente e espessura do corte) do exame de TC de tórax e (ii) dose efetiva (E).

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Doses efetivas (E)

Por meio da pesquisa bibliográfica foi construída a Tabela 1, que apresenta os dados obtidos referente aos parâmetros de varredura do exame de TC de tórax, sendo o protocolo padrão e de *Ultra-Low-Dose* (UldCT) e as doses efetivas relatadas em cada trabalho.

Nota-se na Tabela 1, que no uso de exames de TC, os protocolos de varredura e as doses de radiação recebidas pelos pacientes com o COVID-19 apresentaram ampla variação nos dados. Este aspecto foi confirmado por Homayounieh *et al.* (2021) [22] ao realizarem um estudo sobre os parâmetros e doses volumétricas recebidas pelos pacientes ao passaram por exames de TC de tórax, com o objetivo de diagnóstico inicial da COVID-19 e para avaliação de extensões graves da doença, em 54 diferentes centros de saúde, em 28 países, no período de 3 meses em 2020. Este estudo mostrou que o índice volumétrico de dose em TC ($CTDI_{vol}$) ficou em torno de 2 a 17 mGy, e o produto de comprimento de dose (DLP) acumulativo em pacientes do Continente da América Latina (503 mGy·cm) foi o maior, se comparado com os outros continentes considerados no estudo.

TABELA 1. DOSES EFETIVAS (mSv) DE ACORDO COM OS PARÂMETROS DE VARREDURA.

	Trabalhos/Autores	Parâmetros de Varredura	Doses efetivas
Padrão	Lee <i>et al.</i> (2021) [32]	-	1 a 8 mSv
	Cristofaro <i>et al.</i> (2021) [12]	120 kV, <i>slices</i> de 1,25 mm e 250 mAs	11,03 mSv e 9,04 mSv (mediana)
	Yurdaisik <i>et al.</i> (2021) [24]	120 kV e <i>slices</i> de 1 mm	6,02 mSv (mediana) / 1,67 a 16,27 mSv
	Kang <i>et al.</i> (2020) [29]	100 kV	1,8074 mSv
	Ghetti <i>et al.</i> (2020) [10]	110 e 120 kV e <i>slices</i> de 1mm	4,4 mSv (médio) / 2,5 a 13,5 mSv
	Li <i>et al.</i> (2020) [30]	120 kV, <i>slices</i> de 5 mm e 130 mAs	5,05 mSv (média)
	Tabatabaei <i>et al.</i> (2020) [16]	120 kV e 150 mAs	6,60 mSv (média)
UldCT e novos protocolos	Agostini <i>et al.</i> (2021) [27]	100 Sn kVp	0,28 mSv
	Dangis <i>et al.</i> (2020) [28]	100 kVp, <i>slices</i> 0,6 mm e 20 mAs	0,56 mSv (média)
	Gianluca <i>et al.</i> (2020) [6]	Parâmetros de uldCT	0,219 mSv (médio)
	Kang <i>et al.</i> (2020) [29]	Protocolo 100 Sn	0,203 mSv
	Li <i>et al.</i> (2020) [30]	120 kV, <i>slices</i> de 5mm e 30mAs	1,22 mSv (média)
	Steuwe <i>et al.</i> (2020) [31]	100 kV, <i>slices</i> 2 e 3 mm e 60 mAs	1,3 mSv (média) / (0,7-2,9 mSv)
	Tabatabaei <i>et al.</i> (2020) [16]	120 kV e 30 mAs	1,80 mSv (média)

Observa-se na Tabela 1 que com protocolos padrões de varredura para o exame de TC de tórax, as médias das doses efetivas dos pacientes variaram em torno de 4,4 a 6,60 mSv. A menor média foi no estudo de Ghetti *et al.* (2020) [10], que teve o objetivo de avaliar as doses da TC no período de 2 meses de Pandemia do COVID-19 no Hospital Universitário de Parma. Nesse estudo, o intervalo de doses ficou em torno de 2,5 a 13,5 mSv, sendo o maior valor de dose obtido para um paciente obeso. Utilizando os mesmos parâmetros de varredura (120 kV e 1 mm de espessura do corte), Yurdaisik *et al.* (2021) [24], obtiveram em seu estudo o maior valor de dose efetiva recebida pelo paciente, que corresponde a 16,27 mSv, em um único procedimento. Desta maneira, percebe-se que as características do paciente, como a massa corporal, influenciam nos valores de dose recebidos.

Também, outro fator que influencia nas doses recebidas pelo paciente é a idade. No estudo de Cristofaro *et al.* (2021) [12] é relatado que os pacientes mais jovens com COVID-19 são expostos a uma maior quantidade de dose de radiação em relação aos outros pacientes, recebendo uma dose efetiva média de 11,3 mSv. Além da preocupação com os jovens e pessoas obesas, também há os casos de mulheres grávidas Liu *et al.* (2020) [25] realizou um estudo com 15 mulheres grávidas, e obteve o índice de dose de TC volumétrica médio (CTDIvol) correspondente a 4,1 mGy, e desta maneira, concluiu-se que este tipo de exame realizado em mulheres grávidas, não apresentou alto risco de exposição para o feto.

Os valores de doses efetivas de TC apresentados na Tabela 1 podem ser considerados de baixa dose [17], em comparação a procedimentos de radiologia intervencionista. A maior preocupação em exames de TC está na repetição de exames em um curto intervalo de tempo, o que acarreta o acúmulo de doses pelo paciente e com isso, uma maior probabilidade de ocorrência de efeitos biológicos e o aumento de incidência de câncer [17,26]. Assim, segundo o estudo Tabatabaei *et al.* (2020) [16] para uma dose de 6,60 mSv, há um risco de ocorrência de câncer de aproximadamente $2,17 \times 10^{-4}$ no paciente com COVID-19, exposto à radiação ionizante durante o exame de TC.

Portanto, estudos [27-31,6,16] apresentam novos protocolos e novos parâmetros de varredura, com redução da corrente no tubo de raios X para 20 mAs a 60 mAs, se comparado com o padrão que é 100 mAs a 300 mAs, como forma alternativa para redução das doses efetivas recebidas pelo paciente. Dentre esses novos parâmetros tem-se o UldCT e utilização de filtração de estanho (100Sn kVp) onde os valores de doses efetivas médias obtidas nos trabalhos foram em torno de 0,20 a 1,80 mSv, de acordo com a Tabela 1. Desta maneira, nota-se que ao se comparar os novos valores médios de doses efetivas, com protocolos padrões (4,4 - 6,60 mSv), a utilização de novos protocolos, que alterem o objetivo clínico e a qualidade das imagens, pode-se obter uma redução de 95% das doses efetivas no paciente.

Minimizar as doses recebidas pelo paciente é um dos principais objetivos da proteção radiológica, e desta forma o trabalho de Kang *et al.* (2020) [29] trouxe o valor de dose efetiva utilizando o novo protocolo, utilizando filtros de estanho (100Sn kVp), no exame de TC de tórax em pacientes com COVID-19. O valor de dose efetiva, obtido em seu estudo foi de 0,203 mSv, mostrando uma redução de 1/8, se comparado com exames padrões de TC (1,80 mSv). Também, Gianluca *et al.* (2020) [6] em seu estudo de comparação de imagens e doses obtidas por Raios-X e TC (UldTC) de pacientes com COVID-19, mostrou que a dose efetiva média da radiografia foi de 0,073 mSv e de TC de 0,49 mSv, porém as imagens de TC tiveram 29% maior desempenho de diagnóstico e nitidez nas extensões da doença no pulmão do paciente.

Como a região irradiada é o tórax, um dos órgãos que recebem maiores doses é o pulmão. Gianluca *et al.* (2020) [6] obtiveram por meio do protocolo de UldCT a dose equivalente nesse órgão que foi de 0,49 mSv, o que pode ser significativo para a ocorrência de câncer. Segundo o estudo de Tabatabaei *et al.* (2020) [16], com o uso do protocolo de UldCT, o valor de dose efetiva média foi de 1,80 mSv, e o fator de risco de ocorrência de câncer foi de $0,74 \times 10^{-4}$, tendo uma redução de 65% no fator de risco, quando comparado com protocolos padrões de TC.

IV. CONCLUSÕES

Com o aumento do uso de exames de TC de tórax para o diagnóstico e monitoramento da doença COVID-19, em todo o mundo, percebe-se que há variações nos protocolos e nos valores de doses efetivas recebidas pelo paciente durante o exame. Desta maneira, nota-se que os protocolos padrões de exames de TC, apresentam maiores doses efetivas médias (4,4 a 6,60 mSv) se comparado com os protocolos UldTC e filtração de estanho (100Sn kVp) (0,20 a 1,80 mSv). Além disso, há casos especiais como pessoas obesas e mais jovens em que as doses efetivas foram maiores que 10 mSv, em um único exame. Assim, este trabalho mostra a importância de estudos dosimétricos e de novos protocolos, como requisito essencial para a redução ou minimização das doses recebidas pelo paciente, durante o exame que faz uso de radiação ionizante, principalmente no período de Pandemia do COVID-19, onde os pacientes são submetidos a vários exames de TC em períodos curtos.

AGRADECIMENTOS

L.P.N. agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela Bolsa PQ-2 (No. 314520/2020-1), e M.F.S. agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela Bolsa GD (No.88887.612310/2021-00).

REFERÊNCIAS

- [1] OMS, Organização Mundial de Saúde. Director General is remarks at the media briefing on 2019 nCoV on February 11, 2020.
- [2] P. Huang, T. Liu, L. Huang, H. Liu, M. Lei, W. Xu, et al., "Use of chest CT in combination with negative RT-PCR assay for the 2019 novel coronavirus but high clinical suspicion," *Radiol*, vol. 295(1), pp.22-23, Feb 2020.
- [3] J. Xie, Z. Tong, X. Guan, B. Du, H. Qiu, "Clinical Characteristics of Patients Who Died of Coronavirus Disease 2019 in China", *JAMA Netw Open*, vol.3(4), pp.e205619, April 2020.
- [4] CBR, Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem. Recomendações de uso de métodos de imagem para pacientes suspeitos de infecção pelo COVID-19, 2020.
- [5] ACR, American College of Radiology. ACR Recommendations for the use of Chest Radiography and Computed Tomography (CT) for Suspected COVID-19 Infection, 2020.
- [6] A. Gianluca, B. Luca, P. Alberto, G. Vanini, P. Stefano, D.G. Filippo, et al., "Role of Ultra-Low Dose Chest CT and Chest Radiography for the Management of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in the Emergency Setting", *Arch Med*, vol.12, pp.6-32, October 2020.
- [7] Y. Han, T. Chen, J. Bryant, C.B. Ducci, C. Dyke, M.D Elliott, et al., "Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) guidance for the practice of cardiovascular magnetic resonance during the COVID-19 pandemic". *J Cardiovasc Magn Reson*, vol.26, pp.22-26. April 2020.
- [8] W. A. Kalender, *Computed tomography: Fundamentals, System Technology, Image Quality, Application*. 3 Ed. Erlangen, 2011.
- [9] Y. Fang, H. Zhang, J. Xie, M. Lin, L. Ying, P. Pang, et al., "Sensitivity of Chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR", *Radiol*, vol.296(2), pp.E115-E117, Aug 2020.
- [10] C. Ghetti, O. Ortenzia, M. Maddalo, L. Altabella, N. Sverzellati, "Dosimetric and radiation cancer risk evaluation of high resolution thorax CT during COVID-19 outbreak", *Phys Med*, vol.80, pp.119-124. Dec 2020.
- [11] F. Pan, T. Ye, P. Sun, S. Gui, B. Liang, L. Li, et al., "Time Course of Lung Changes On Chest CT During Recovery From 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia", *Radiol*, vol.295(3), pp.200370. Feb 2020
- [12] M. Cristofaro, N. Fusco, A. Petrone, E. Albarello, F. Di Stefano, E. Pianura, et al., "Increased Radiation Dose Exposure in Thoracic

Computed Tomography in Patients with COVID-19", *Rad*, vol.1, pp.153-161, June 2021.

- [13] L. Tauhata, I. Salati, R. DI Prinzió et al. *Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos*. 9^a revisão. IRD/CNEN: Rio de Janeiro, 2013, pp.345.
- [14] ICRP 26, International Commission On Radiological Protection. "The ALARA principle", Publication n^o 26, 1977.
- [15] A. S. Brody, D. P. Frush, W. Huda, L. B. Robert, "Radiation risk to children from computed tomography", *Pediatrics*, vol.120(3), pp.677-682, Sep 2007.
- [16] S. M. H. Tabatabaei, H. Talari, A. Gholamrezanezhad, B. Farhood, H. Rahimi, R. Razzaghi, et al., "A low-dose chest CT protocol for the diagnosis of COVID-19 pneumonia: a prospective study", *Emerg Radiol*, vol.27, pp.607-615, Dec 2020.
- [17] M. P. Little, R. Wakeford, E. J. Tawn, S. D. Bouffler, A. B. Gonzalez, "Risks Associated with Low Doses and Low Dose Rates of Ionizing Radiation: Why Linearity May Be (Almost) the Best We Can Do", *Radiol*, vol.251(1), pp.6-12, April 2009.
- [18] D. J. Brenner, C. Elliston, E. Hall, W. Berdon, "Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT", *Am J Roentgenol*, vol.176(2), pp.289-296, Feb 2001.
- [19] A. Sarma, M. E. Heilbrun, K. E. Conner, A. M. Stevens, S. C. Woller, C. G. Elliott, "Radiation and Chest CT Scan Examinations", *Chest*, vol.142(3), pp.750-760, Sep 2012.
- [20] NAS/NRC. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase National Research Council of the National Academies, Washington, 2006
- [21] M. Brambilla, B. Cannillo, A. D'Alessio, R. Matheoud, M. F. Agliata, A. Carriero, "Patients undergoing multiphase CT scans and receiving a cumulative effective dose of ≥ 100 mSv in a single episode of care", *Eur Radiol*, vol.31(7), pp.4452-4458, Jul 2021.
- [22] F. Homayounieh, O. Holmberg, R. A. Umairi, A. Aly, A. Basevicius, P. R. Costa, et al., "Variations in CT Utilization, Protocols, and Radiation Doses in COVID-19 Pneumonia: Results from 28 Countries in the IAEA Study", *Radiol*, vol.298(3), pp.E141-E151. Mar 2021.
- [23] J. C. Koche. *Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa*. 15 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997
- [24] I. Yurdaisik, F. Nurili, S. H. Aksoy, A. G. Agirman, A. Aktan, "Ionizing Radiation Exposure in Patients with COVID-19: More than Needed", *Radiat Protect Dosi*, vol.194 (2-3), pp.135-143, Jul 2021.
- [25] D. Liu, L. Li, X. Wu, D. Zheng, J. Wang, L. Yang, et al., "Pregnancy and Perinatal Outcomes of Women With Coronavirus Disease (COVID-19) Pneumonia: A Preliminary Analysis", *Am J Roentgenol*, vol.215(1), pp.127-132, Jul 2020.
- [26] M. Osipov, A. Vazhenin, A. Kuznetsova, I. Aksenvo, D. Vazhenina, M. Sokolnikov, "PET-CT and occupational exposure in oncological patients", *Sci Med J*, vol.2(2), pp.63-69. June 2020.
- [27] A. Agostini, C. Floridi, A. Borgheresi, M. Badaloni, P. E. Pirani, F. Terilli, et al., "Proposal of a low-dose, long-pitch, dual-source chest CT protocol on third-generation dual-source CT using a tin filter for spectral shaping at 100 kVp for CoronaVirus Disease 2019 (COVID-19) patients: a feasibility study", *Radiol med*, vol.125, pp.365-373 April 2020.
- [28] A. Dangis, C. Gieraerts, Y. Bruecker, L. Janssen, H. Valgaeren, D. Obbels, et al., "Accuracy and reproducibility of low-dose submillisievert chest CT for the diagnosis of COVID-19", *Radiol Cardiothoracic Imag*, vol.2(2), pp.e200196, April 2020.
- [29] Z. Kang, X. Li, S. Zhou, "Recommendation of low-dose CT in the detection and management of COVID-2019", *Eur Radiol*, vol.30, pp.4356-4357, Aug 2020.
- [30] H. Liu, F. Liu, J. Li, T. Zhang, D. Wang, W. Lan, "Clinical and CT imaging features of the COVID-19 pneumonia: Focus on pregnant women and children", *J Infect*, vol.80(5), pp.e7-e13, May 2020.
- [31] A. Steuwe, C. Rademacher, B. Valentin, M. H. Kohler, E. Appel, V. Keitel, et al., "Dose-optimised chest computed tomography for diagnosis of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) – Evaluation of image quality and diagnostic impact", *J Radiol Prot*, vol.40(3), pp.877-891, Sep 2020.
- [32] C. Lee, "Managing Radiation Dose from Chest CT in Patients with COVID-19", *Radiol*, vol.298(3), pp.E158-E159, Mar 2021.