

## **Análise da radiação espalhada durante exames de raio-X em leitos de suporte ventilatório pulmonar durante a pandemia de SARS-COV-2**

Lais S. C. de Azevedo<sup>1</sup>, Karen L. Machado<sup>1</sup>, Elaine A. S. Machado<sup>2</sup>, Otávio Joaquim Tavares<sup>1</sup>, Lucio Pereira Neves<sup>1,3</sup>, Ana Paula Perini<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Enfermagem, Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, MG, Brasil.

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, MG, Brasil

Email: *lais\_calandrine@ufu.br*

**RESUMO:** Infecções causadas pelo vírus SARS-COV-2, também conhecido como COVID-19, comumente leva à infecções no trato respiratório inferior. Tais infecções demandam diagnóstico e acompanhamento por meio de imagens médicas, como tomografias computadorizadas e exames de raio-X de tórax. Devido a realização de exames de raio-X nos leitos de suporte ventilatório pulmonar, esse ESTUDO visa, utilizando o método de Monte Carlo, testar quais as melhores barreiras de proteção radiológicas que podem ser utilizados entre os leitos de suporte ventilatório pulmonar, a fim de diminuir a dose espalhada no ambiente e minimizar a exposição dos demais internos à radiação. Para isso será utilizado o MCNP 6.2, que simulará um ambiente de leitos de suporte ventilatório pulmonar com cinco pacientes.

**PALVRAS CHAVE:** raio-X; leitos de suporte ventilatório pulmonar; SARS-COV-2; mcnp

**ABSTRACT:** Infections caused by the SARS-COV-2 virus, also known as COVID-19, commonly lead to infections in the lower respiratory tract. Such infections require diagnosis and monitoring with medical images, such as CT scans and chest X-rays. Due to the performance of X-ray exams in the pulmonary ventilatory support beds, this study aims, using the Monte Carlo method, to test which are the best radiological protection barriers that can be used between the pulmonary ventilatory support beds, in order to reduce the dose spread in the environment and minimize the exposure of other interns to radiation. For this, the MCNP 6.2 will be used, which will simulate an pulmonary environment with ventilatory support beds with five patients.

**KEYWORDS:** X-ray; pulmonary ventilatory support beds; SARS-COV-2; mcnp

## 1 INTRODUÇÃO

A pandemia de Covid-19 retrata um comportamento errático e de rápida disseminação mundial, gerando uma emergência de saúde pública, sendo responsável até o momento por 25.540.888 casos com 851.781 mortes. No Brasil atingimos 5.332.634 casos com 155.900 mortes [1].

Frente ao exposto, se faz necessário a abertura de unidades temporárias denominadas Hospitais de Campanha, cujo foco é o atendimento aos pacientes acometidos pela pandemia de Covid-19. Gerando assim uma estratégia de enfrentamento da pandemia em caráter excepcional e temporário, visando a ampliação da oferta de leitos na rede de saúde pública. Tais unidades podem ser implantadas em anexo a unidades de saúde existentes, ou serem adaptadas em escolas, estádios de futebol, hotéis, dentre outros, desde que sigam as exigências da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS). O Hospital de Campanha atua no atendimento de baixa e média complexidade, assim sendo, ele está dividido em duas alas: leitos de internação clínica e leito de suporte ventilatório pulmonar (invasivo e não invasivo) destinados exclusivamente ao atendimento aos pacientes portadores de Covid-19.

Comumente os pacientes portadores do vírus apresentam infecção do trato respiratório inferior, febre, tosse, dispneia e mialgia. A maioria dos pacientes apresentam apenas sintomas leves, mas cerca de 17 a 29% dos pacientes desenvolvem síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) [2]. Segundo o portal de notificação do Ministério da Saúde (Painel Corona Vírus) [3], no Brasil, estima-se uma taxa geral de mortalidade de 3,9% para pacientes que não necessitam de hospitalização e para os pacientes hospitalizados a taxa pode ir de 11 a 15% .

Devido a infecção do trato respiratório inferior, existe uma demanda por exames de imagens, como tomografia computadorizada (TC), que apresenta uma sensibilidade de 97% na detecção da infecção por COVID-19, enquanto o exame RT-PCR, técnica biológica de detecção do vírus, tem uma sensibilidade que vai de 60 a 70%. Já exames como a radiografias de tórax são amplamente utilizadas para o monitoramento do quadro clínico em pacientes graves [4]. Porém, o exame de radiografia possui baixa sensibilidade na detecção da infecção por COVID-19, os valores de eficiência presentes na literatura giram em torno de 30 a 60% [5].

A constante demanda por exames de raio-X, em pacientes críticos, para o monitoramento de casos, desencadeia uma preocupação com a exposição à radiação, proveniente da radiação espalhada nos ambientes de internação coletivos, como nos hospitais de campanha que possuem leito de suporte ventilatório pulmonar, local do qual o interno não pode ser movido devido aos equipamentos de suporte de vida, onde existe a necessidade da utilização de máquinas de raio-X portáteis no próprio leito. Nessas instalações, não só o examinado, mas toda a equipe técnica e demais internos presentes na sala estão sujeitos a exposição da dose espalhada durante a execução do exame.

Dessa maneira, é preciso avaliar a distribuição das doses de radiação na sala, bem como as melhores opções de blindagem. Para isso, foi utilizado o código de Monte Carlo N-Particle (MCNP 6.2) para simular um quarto compartilhado de hospital. O objetivo deste trabalho é calcular a dose que chega até os Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) e os demais pacientes na sala onde o exame de raio-X móvel está sendo realizado, encontrar soluções eficazes e ainda ressaltar a importância do uso de EPI que pode diminuir em até 75% a dose recebida [6].

## 2 METODOLOGIA

O código MCNP 6.2 é capaz de criar diversas geometrias, tornando possível a realização de boas aproximações de cenários reais de exposição à radiação.

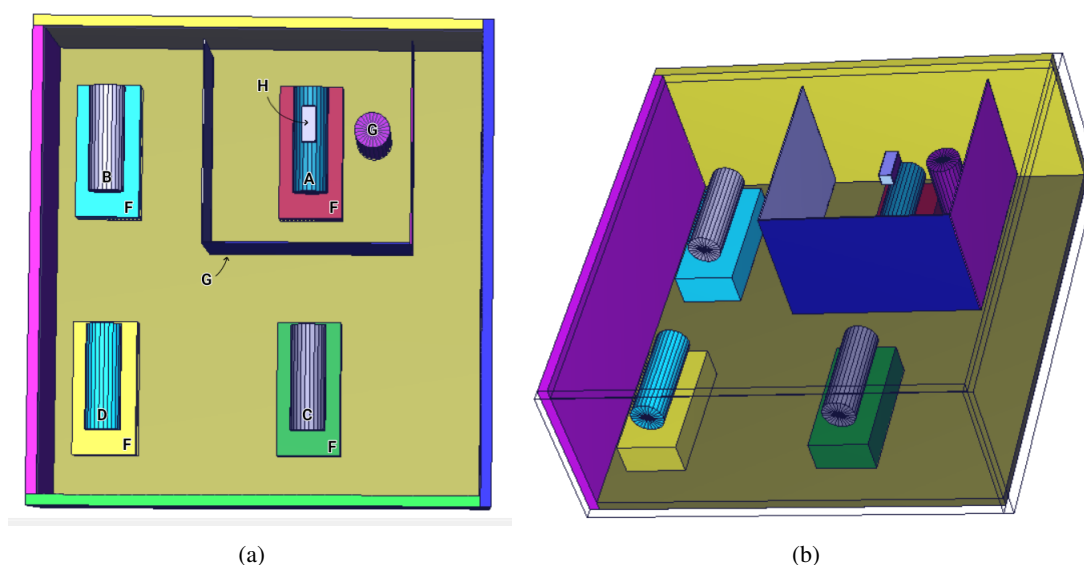
Dessa forma, para representar o cenário de um quarto hospitalar, foram consideradas as regras como distância mínima entre as macas, distância entre as macas e as paredes, dimensões das macas, assim como materiais que podem ser utilizados na sua composição de acordo com a legislação para construção de hospitais [7].

Os pacientes foram representados como cilindros de água para que a interação da radiação seja a mais próxima da real. Esse trabalho foi composto por sete cenários distintos (quatro biombos e três paredes) e variou-se a composição dos materiais de blindagem a fim de definir a melhor geometria e composição para diminuir a dose nos pacientes e no IOE.

### 2.1 Geometria do problema

#### 2.1.1 Composição do quarto

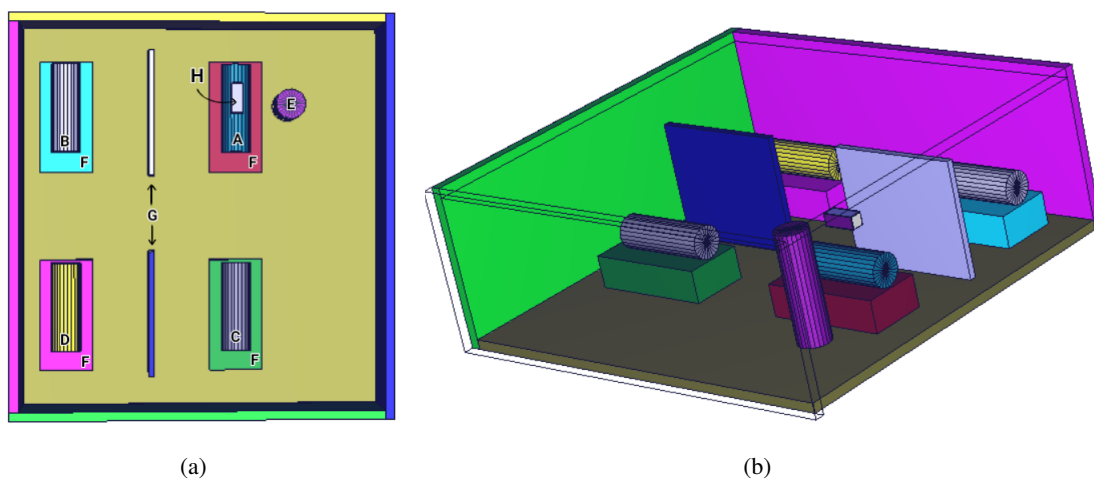
Na confecção do ambiente para a simulação, foram feitas paredes de *concreto portland*, piso de vinílico, macas de polipropileno, teto de gesso e um colimador, contendo a fonte, feito de chumbo. Entre as macas foram introduzidos biombos de algodão cru, de acordo com a figura 1, quando apenas o paciente que está fazendo o exame tem seu box fechado. A escolha do algodão como base foi devido a facilidade de aquisição.



**Figura 1:** (a) Visão superior do quarto onde os cilindros ordenados de A a D representam os pacientes, o cilindro E representa os IOE, F as macas, G representa os biombos e H o tubo do raio-X móvel. (b) Visão lateral do quarto simulado.

- **Simulação com paredes**

Para a simulação da figura 2, foram desenhadas paredes de 410 cm de largura, 10 cm de espessura e 425 cm de altura (tais paredes não vão até o teto do quarto). Os materiais testados foram concreto portland, *drywall* e tijolos. O emprego de paredes parciais não é muito comum em hospitais, porém foi feito esse estudo a fim de analisar a eficiência desta geometria.



**Figura 2:** (a) Visão superior do quarto onde os cilindros ordenados de A a D representam os pacientes, o cilindro E representa os IOE, F as macas, G representa as divisórias de parede e H o tubo do raio-X móvel; (b) Visão lateral do quarto simulado.

- **Simulação com biombos e cortinas**

Por fim a última simulação foi feita com base na figura 1, porém com diferentes materiais. Os biombos têm altura de 195 cm, espessura de 2 cm e comprimento de 315 cm de profundidade e 300 cm de largura. Os materiais considerados além do algodão cru foram PVC, poliéster e um biombo composto por chumbo revestido por compensado (neste último a espessura do chumbo é de 0,5 cm). c

## 2.2 Definição da Fonte e dos tallies

Foi considerado um equipamento de raio-X móvel da UTI adulta do Hospital de Clínicas da UFU com um tubo de raio-X operando com uma tensão de 150 kV gerada pelo software SpekCalc [8], uma filtração adicional de 5 mmAl, e alvo de tungstênio com angulação anódica de 12,5° com uma abertura no tubo de 4,5 cm × 4,5 cm.

Os tallies são utilizados para identificar e gravar o tipo de informação sobre alguma célula como fluxo, deposição de energia de fissão entre outros [9]. Nesse trabalho foi utilizado o tally F6 ( $MeV/g/source-particle$ ) que determina a energia depositada sobre uma célula.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando um quarto hospitalar com biombos de algodão como referencial, foram calculados os percentuais de dose recebida pelos objetos simuladores em todas as geometrias propostas neste trabalho.

#### 3.1 Análise da geometria empregando os biombos como divisórias

Os valores apresentados na tabela 1 representam a diferença percentual entre o biombo de algodão cru e a geometria com biombos, porcentagens negativas representam uma diminuição e porcentagens positivas representam um aumento na dose de radiação que chegou até o ponto de interesse. Os valores foram obtidos pelas equações:

$$dose_n = \frac{D_P}{D_{PKA}} \quad (1)$$

$$dose_f = \frac{dose_n}{D_F} - 1 \quad (2)$$

Onde  $dose_n$  é a dose normalizada,  $dose_f$  é a dose final, já na forma de porcentagem,  $D_P$  é a dose medida no paciente,  $D_{PKA}$  é a dose medida na saída da caixa colimadora e  $D_F$  é a dose medida diretamente na fonte.

E a incerteza foi calculado por:

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_D)^2 + (\sigma_F)^2} \quad (3)$$

Onde  $\sigma_D$  é a incerteza dada pela simulação no ponto do paciente e  $\sigma_F$  a incerteza dada pela simulação diretamente na fonte, logo após serem aplicadas na equação (1).

**Tabela 1:** Diferença percentual entre a geometria do biombo de algodão cru utilizando cortinas e as geometrias com os materiais propostos.

MATERIAL UTILIZADO NA COMPOSIÇÃO DA DIVISÓRIA EXISTENTE ENTRE OS LEITOS						
	PVC (%)	Incerteza(%)	Poliéster(%)	Incerteza(%)	Chumbo revestido(%)	Incerteza(%)
IOE	2,80	0,02	0,40	0,02	-5,10	0,02
Paciente A	0,10	0,02	0,00	0,03	-0,20	0,03
Paciente B	13,70	0,01	6,40	0,02	-90,50	0,01
Paciente C	16,80	0,07	7,10	0,07	-93,7	0,2
Paciente D	14,9	0,2	7,8	0,2	-93,0	0,4

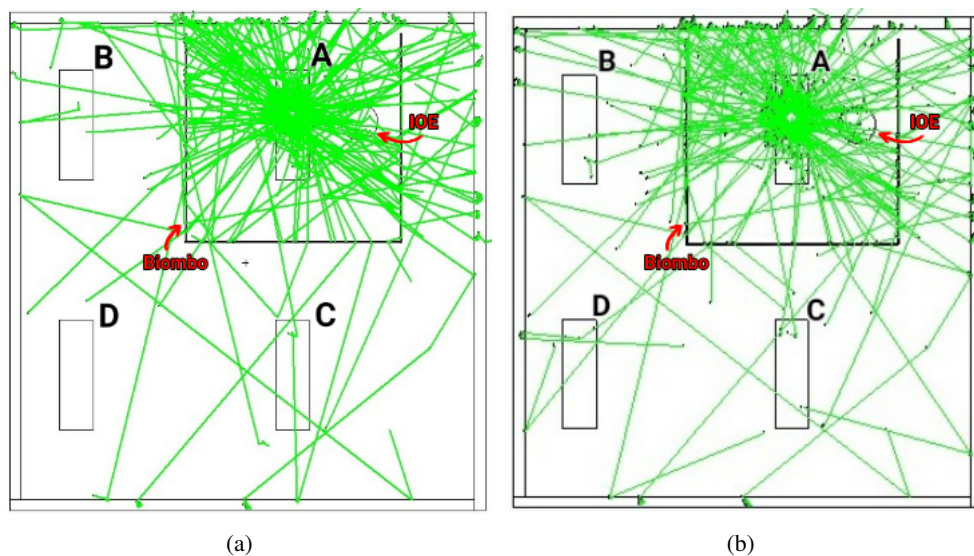
Analisando a tabela 1, pode-se observar que as cortinas de materiais mais leves (como o PVC e poliéster) não apresentaram resultados satisfatórios, pois o espalhamento da dose aumentou em relação a todos os pacientes e ao IOE. Devido ao retroespalhamento causado pelos efeitos do espalhamento Compton, efeito decorrente da deposição parcial de energias do fóton nas superfícies em que entra em contato, a dose recebida pelo IOE e pelo paciente que recebe o exame foram maiores.

Na última cortina de chumbo, foi adicionada uma camada de compensado para que fosse uma opção viável a ser considerada em um hospital mostrando-se eficaz em barrar os fótons de raio-X.

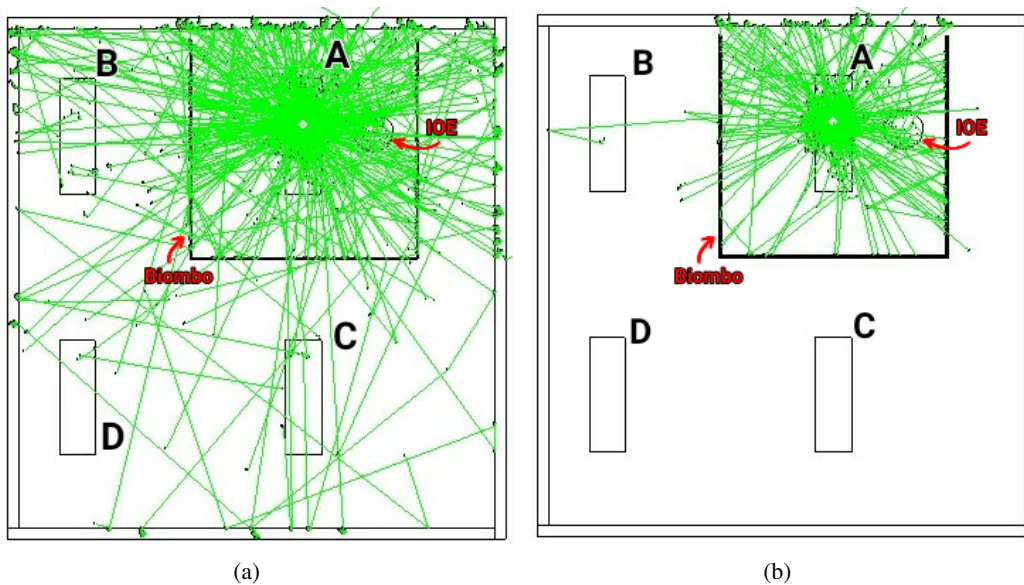
Considerando estes resultados, é possível concluir que em relação aos biombos, o melhor material simulado foi o chumbo revestido com madeira compensada, pois este apresentou a maior diminuição de

dose.

Para melhor entendimento dos resultados, as figuras a seguir (figuras 3 e 4) apresentam o comportamento da radiação espalhada na geometria analisada.



**Figura 3:** Representação da radiação espalhada pelo tubo de raio-X no quarto (representado graficamente pelas linhas verdes) com biombo de material (a) algodão cru; (b) PVC.



**Figura 4:** Representação da radiação espalhada pelo tubo de raio-X no quarto (representado graficamente pelas linhas verdes) com biombo de material (a) poliéster; (b) chumbo e compensado.

É importante ressaltar a diferença ao comparar as figuras 3 (a) e (b) e a 4 (a) com a figura 4 (b), comprovando mais uma vez que o material chumbo revestido por compensado blindou muito mais radiação que outros materiais.

### 3.2 Análise da geometria empregando paredes como divisórias

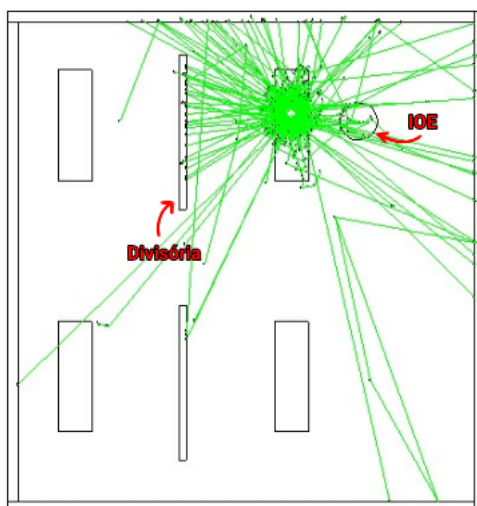
Na tabela 2 estão presentes os dados referentes a geometria que utiliza meias paredes como divisória entre os leitos.

**Tabela 2:** Diferença percentual entre a geometria do biombo de algodão cru utilizando paredes parciais e as geometrias com os materiais propostos.

MATERIAL UTILIZADO NA COMPOSIÇÃO DA DIVISÓRIA EXISTENTE ENTRE OS LEITOS						
	Concreto Portland (%)	Incerteza(%)	Drywall(%)	Incerteza(%)	Tijolo(%)	Incerteza(%)
IOE	0,16	0,02	0,06	0,02	0,19	0,02
Paciente A	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03
Paciente B	-94,69	0,01	-95,17	0,01	-93,16	0,01
Paciente C	-4,9	0,3	-7,1	0,3	-3,9	0,3
Paciente D	-19,7	0,2	-20,1	0,2	-19,0	0,2

Neste caso, foram alterados não somente os materiais mas também a geometria do problema. As paredes parciais não contornam todo o leito do paciente, então devido a isso pode-se observar que a blindagem foi mais efetiva no paciente B, (pois está separado do paciente examinado, A, pelos materiais de concreto *portland*, *drywall* e tijolo), o paciente D teve uma redução maior que o paciente C devido a distância que ele está do exame. No paciente C foi observado também uma redução da dose devida à radiação espalhada, porém não tão efetiva quando no paciente B.

Nessa geometria também pôde-se analisar o comportamento da radiação espalhada pelo quarto pelo quarto, porém com a geometria das semi paredes. Tal resultado é apresentado na figura 5.



**Figura 5:** Representação da radiação espalhada pelo tubo de raio-X no quarto (representado graficamente pelas linhas verdes) com semi paredes.

Comparando as geometrias das figuras 3 e 4 com a figura 5, a diferença das doses recebidas pelos pacientes B, C e D e pelo IOE fica mais clara.

É importante observar que no caso das paredes, o IOE e o paciente A receberam menos radiação, e isso era esperado já que diferentemente das cortinas, a parede não contorna todo o leito, então a radiação refletida sobre o paciente A e o IOE é muito menor.

## 4 CONCLUSÃO

Esta pesquisa foi feita com o objetivo de encontrar soluções viáveis para diminuir a radiação espalhada gerada pelo equipamento de raio-X móvel em leitos de suporte ventilatório pulmonar.

As possíveis soluções propostas foram separar os pacientes com diferentes divisórias, e ao analisar o resultado nota-se que as paredes demonstraram-se menos eficazes em relação aos biombo. Sendo assim, a melhor solução foi o emprego de os biombo de chumbo com cobertura de compensado.

É importante perceber que aceitando o biombo como solução, os demais pacientes do quarto recebem menos radiação, porém, o IOE que realiza o exame recebe uma dose maior. Sendo assim, é interessante propor um rodizio de IOE a cada exame realizado, e ainda enfatizar do uso de EPI.

## 5 REFERÊNCIAS

### Referências Bibliográficas

- [1] Conselho Nacional de Secretária da Saúde. Conass informa n.262/2020 -Portaria GM n1.514, de JUNHO DE 2020, disponível em <https://www.conass.org.br/painelconasscovid19/>; acesso em 04/09/2020 .
- [2] A. Edey c A. Devaraj J. Jacob A. Johnstone R. McStay A. Nair J.C.L. Rodrigues, S.S. Hare and G. Robinson. An update on COVID-19 for the radiologist - A British society of Thoracic Imaging statement .
- [3] Ministério da saúde. Painei Coronavírus, disponível em <https://covid.saude.gov.br/>; acesso em 04/09/2020 .
- [4] Hongyan Hou Chenao Zhan Chong Chen Wenzhi Lv Qian Tao Ziyong Sun Liming Xia Tao Ai, Zhenlu Yang. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing in Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases; acesso em 04/09/2020 .
- [5] Yi Wang Zixiang Huang Bin Song Zheng Ye, Yun Zhang. Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pictorial review; acesso em 04/09/2020 .
- [6] TAVARES, O. J. ; SOUZA, L. W. G. ; SOUZA, S. P. ; SANTOS, W. S. ; NEVES, L.P. ; PERINI, A. P. . Avaliação da eficiência de aventais plumbíferos com elemento interno não íntegro utilizando simulação Monte Carlo. In: Metrologia 2019, 2019, Florianópolis. Anais do METROLOGIA 2019, 2019. v. 1. p. 1-7; acesso em 04/09/2020 .
- [7] Ministério da Saúde. [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0050\\_21\\_02\\_2002.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0050_21_02_2002.html); acesso em 04/09/2020 .
- [8] <http://spekcalc.weebly.com/> acessado em 04/09/2020 .
- [9] C.J. Werner(editor), "MCNP Users Manual - Code Version 6.2", Los Alamos National Laboratory, report LA-UR-17-29981 (2017). Reference for MCNP6. .