

Controle de Qualidade em 01 (um) Equipamento de Hemodinâmica em Face da Instrução Normativa Anvisa nº 91 de 27 de maio de 2021

Quality Control in 01 (one) Hemodynamic Equipment in Face of Anvisa Normative Instruction no. 91 of May 27, 2021

Carlos Eduardo Arévalo Anzola^{1,2}, Eleonilson Pinho¹, Marcos Marques da Silva Paula².

¹Instituto de Pesquisa Aplicado a Radioproteção, Manaus, Brasil

²Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil

Resumo

Os raios X, desde sua descoberta, têm proporcionado muitos benefícios à saúde, sendo um recurso indispensável na área de diagnóstico por imagem. Todavia, essa tecnologia também pode trazer muitos riscos para a saúde daqueles que trabalham com este tipo de equipamento, pacientes e para o meio ambiente. No setor da saúde, nas últimas décadas foi observado um grande avanço no campo do diagnóstico por imagem e na radiologia intervencionista com melhorias e aperfeiçoamento constantes dessa tecnologia, proporcionando o desenvolvimento de equipamentos de melhor qualidade e eficiência. Como os equipamentos de raios X são de alta frequência, eles conseguem produzir imagens médicas de alta qualidade, contribuindo para diagnósticos precisos e intervenções seguras. Visando estabelecer requisitos de segurança para os Indivíduos Ocupacionalmente Expostos – IOE's e para a segurança do paciente foram promulgadas uma série de Portarias, Resoluções e Normativas estabelecendo os requisitos sanitários para a garantia da qualidade e da segurança de sistemas de diagnóstico por imagem e fluoroscópica, o que garantirá o correto funcionamento dos equipamentos dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Assim, esses testes são centralizados nas imagens produzidas, bem como nos fatores que as produzem (tensão, corrente e dose).

Palavras-chave: raios X; hemodinâmica; qualidade; intervencionista.

Abstract

X-rays, since their discovery, have provided many benefits to health area, being an indispensable resource in the field of diagnostic imaging. However, this technology can also pose many risks to the health of those who work with this type of equipment, patients, and the environment. In the health area, in recent decades, there has been a great advance in the field of diagnostic imaging and interventional radiology, with constant improvements and refinements of this technology, leading to the development of higher quality and more efficient equipment. As X-ray equipment is high-frequency, it can produce high-quality medical images, contributing to accurate diagnoses and safe interventions. In order to establish safety requirements for Occupationally Exposed Individuals - OEI's and also for patient safety, a series of decrees, resolutions, and normatives have been promulgated establishing the sanitary requirements for ensuring the quality and safety of diagnostic imaging and fluoroscopic systems, which will guarantee the correct functioning of the equipment within the standards established by current legislation. Thus, these tests are focused on the images produced, as well as on the factors that produce them (voltage, current, and dose).

Keywords: X-rays; hemodynamics; quality; interventionist.

1. Introdução

O diagnóstico por imagem e a radiologia intervencionista são áreas da medicina em constante crescimento e desenvolvimento. Com frequência surgem novas tecnologias no mercado, o que permite o diagnóstico precoce de diferentes patologias, bem como novos protocolos de tratamentos e intervenção imediata, aumentando significativamente a probabilidade de cura.

Já a radiologia intervencionista se apresenta como uma especialidade na qual ocorrem intervenções cirúrgicas minimamente invasivas guiadas por imagens produzidas a partir de raios X. Os procedimentos, em geral, são realizados de forma percutânea (radiologia intervencionista não vascular) ou endovascular (radiologia intervencionista vascular). Esse procedimento tem passado por grandes evoluções e, segundo afirma Melo (2015, p.2) “a radiologia intervencionista vem “substituindo algumas modalidades de tratamento cirúrgico,

implicando em menor risco de morte, menor tempo de internação e de recuperação para a maioria dos pacientes tratados”. Um dos equipamentos utilizados na radiologia intervencionista é o equipamento de hemodinâmica, conforme Figura 1 a seguir.



Figura 1. Equipamento de hemodinâmica Philips avaliado na pesquisa

Dentre as diversas discussões para avaliar o uso das radiações ionizantes referente aos benefícios e riscos que esta poderia trazer à saúde, em 1965, a (Organização Mundial de Saúde, 1965) *Public Health and the Medical use of Ionizing Radiation*, levantou

temas relevantes à época, como por exemplo, a avaliação da necessidade do exame pelos médicos, o cuidado com a radioproteção, bem como o correto funcionamento dos equipamentos, destacando assim, a importância do radiodiagnóstico para a saúde pública, tanto em termos de riscos quanto de benefícios, onde afirma “[...] o aumento do uso médico das radiações ionizantes e o fato que este aumento é, do ponto de vista de saúde pública, duplamente significativo: por um lado, a radiologia é essencial à medicina moderna; por outro, a radiologia diagnóstica se constituiu na principal fonte de exposição da população às radiações artificiais. Conseqüentemente, para obter o máximo benefício associado ao menor risco da radiologia médica, é necessário objetivar a qualidade mais alta dos procedimentos radiológicos ao mesmo tempo em que reduzir tanto quanto possível as exposições indesejadas. Isto, contudo, não é só questão de usar procedimentos radiológicos corretos e aparatos satisfatórios: questões de julgamento clínico e de indicações para uso de outras ferramentas clínicas estão envolvidas.” (Organização Mundial de Saúde, 1965, p. 1).

Em se tratando dos critérios de proteção radiológica atualmente no Brasil, o Ministério da Saúde – MS via Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, por meio da Instrução Normativa - IN N° 91, de 27 de maio de 2021, estabeleceu um conjunto de testes para verificação de todos os parâmetros mínimos necessários para garantir o correto funcionamento desses equipamentos. Pode-se resumir a norma em dois conjuntos de testes, sendo eles os controles de qualidade e os testes de aceitação dos equipamentos de radiologia intervencionista, padronizando assim os testes a serem realizados, sua periodicidade, tolerância e níveis de restrição destes equipamentos.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, na Resolução 611 de 2022, recomenda a elaboração de controles que permitam garantir a segurança nos equipamentos de raios X, permitindo o uso dos equipamentos com segurança para os trabalhadores, pacientes e ambiente, e ao mesmo tempo mantendo os exames diagnósticos com a qualidade desejada

Segundo afirmam Santos et al (2016, p.31), dentro da avaliação dos resultados e testes do controle de qualidade, alguns fatores são importantes quanto à verificação dos parâmetros de eficiência do equipamento, dentre eles: camada semirredutora, reprodutibilidade e exatidão.

2. Materiais e Métodos

Esta pesquisa foi desenvolvida com a proposta de um controle de qualidade para ser aplicado em equipamentos de radiologia intervencionista (hemodinâmica), em que se buscou estabelecer relações causa-efeito. Portanto, tratou-se de uma pesquisa quantitativa, longitudinal e em condições controladas.

A RDC 611 estabelece a obrigatoriedade do controle da qualidade.

2.1 Equipamento Avaliado

O equipamento avaliado nesta pesquisa foi um equipamento de hemodinâmica, marca Philips, modelo: Allura Xper FD10, número de série: 1050B8, data de fabricação: janeiro/2011.

2.2 Instrumentos de Medição para a Realização dos Testes

- Equipamento: *RaySafe Xi*, modelo Xi; Sensor: R/F SN: 233346; Sensor: Survey detector: SN: 231958; certificado de calibração: LABPROSAUD- C087-22. O *RaySafe Xi* é um sistema completo para medições multiparâmetros em todas as modalidades de raios X.
- *Phantom*: Baixo, alto contraste e perpendicularidade do feixe; Modelo: RF- DIGI; Marca: Konex; Registro MS: 10358460010. O *Phantom* de baixo, alto contraste e perpendicularidade do feixe é indicado para testes de aceitação e constância de equipamentos radiológicos, podendo medir: colimação e alinhamento de feixe; posição e tamanho do campo de radiação efetivo; faixa dinâmica; resolução espacial; resolução de contraste; homogeneidade, dentre outros parâmetros relacionados à qualidade da imagem.

2.3 Testes e Procedimentos Realizados

Os testes realizados nesta pesquisa são os estabelecidos na Instrução Normativa IN nº 91 (ANVISA, 2021). Foram avaliados alguns parâmetros que permitem garantir o bom funcionamento dos sistemas de fluoroscopia e radiologia intervencionista. Os testes sugeridos na IN 91 são os mínimos necessários para o bom funcionamento do equipamento, não são suficientes. Existem outros testes adicionais que deveriam ser realizados pelo físico médico responsável e não se ater somente aos exigidos pela legislação.

Mínima Distância Foco-Pele

Para este teste, foi avaliada a distância entre o foco tubo de raio x até a janela externa do colimador. Foi utilizada uma fita métrica para realização deste teste.

Integridade dos acessórios de proteção individual

Neste teste, foram avaliados a integridade física dos Equipamentos de Proteção Individual – EPIs, sendo avaliados 08 aventais plumbíferos, 08 saias plumbíferas, 10 protetor de tireoide e 12 pares de luvas plumbíferas utilizando um feixe contínuo para identificar qualquer desuniformidade no lençol de chumbo.

Sinal Sonoro no Modo Cine

Neste teste, foi verificado se o equipamento possui o sinal sonoro quando está no modo cine.

Máxima Taxa de Kerma em Ar e Reprodutibilidade do Controle Automático de Intensidade

Para este teste, foi usada como referência uma faixa de 10 e 20 lâminas, sendo cada lâmina de 10 mm de PMMA (placas de acrílico) para simular o paciente de diferentes espessuras. Obteve-se os resultados por meio do medidor multiparâmetros Raysafe.

Exatidão e Reprodutibilidade do Indicador de Tensão do Tubo (kV)

Para este teste, foram realizadas 04 medidas de kV em modalidade de fluoroscopia a fim de, verificar a exatidão e a reprodutibilidade do kV. Os valores foram calculados usando IAEA TECDOC 1958, "Protocolos de control de calidad para radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe". (2021), cujo valor para desvio máximo é $\leq \pm 10\%$.

Exatidão do Indicador do Tempo (Tempo Acumulado)

Neste teste, foi avaliado o tempo de exposição utilizando o equipamento RaySafe e comparando-o com o tempo acumulado de fluoroscopia do equipamento.

Qualidade do Feixe (Camada Semirredutora HVL)

Este teste foi realizado com medidas diretamente nos valores de HVL com a seleção manual de kVp utilizando o equipamento RaySafe. Foram feitas variações de kVp com o objetivo de verificar a capacidade de filtração da camada semirredutora referente ao feixe de raios X em uma faixa de 06 valores diferentes de kVp.

Resolução Espacial no Modo Fluoroscopia

A resolução espacial é a medida da capacidade de um sistema de imagem identificar objetos adjacentes de alto contraste. Foi utilizado o fantoma da Konex marca FR-FLURO. Que possui um inserto com diferentes medidas de pares de linhas de chumbo conforme Figura 2 a seguir.

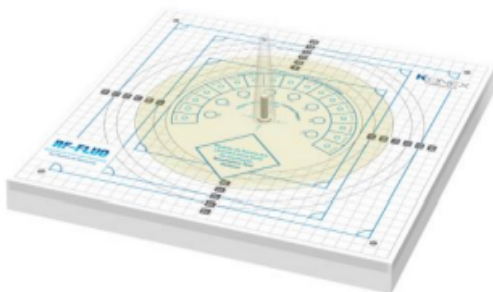


Figura 2. fantoma Konex FR-FLURO

Resolução Espacial de Baixo Contraste do Modo Fluoroscopia

Para a avaliação do baixo contraste, foi usado um fantoma da Konex marca RF-DIGI com 09 elementos de baixo contraste.

Alinhamento do Eixo Central do Feixe de Raios X

Para a avaliação deste teste foi utilizado o inserto central do fantoma da Konex modelo RF-DIGI. Este inserto está conformado por um cone de acrílico e uma pequena esfera radiopaca que permitiu a partir de uma exposição, conhecer o alinhamento do feixe central conforme Figura 3 a seguir.

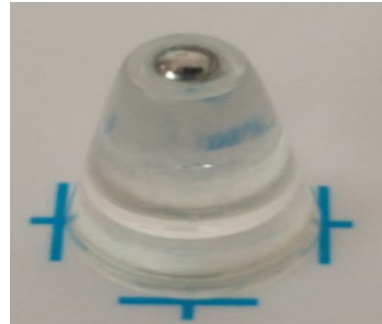


Figura 3. cone de acrílico

Exatidão do Sistema de Colimação

Foi verificado o sistema de colimação, sendo usado a ferramenta de teste FR-FLURO, conforme Figura 2, onde observou-se os elementos do fantoma em comparação com o campo máximo do equipamento conforme Figura 7 a seguir.

Distorção geométrica

Foi utilizado o fantoma de distorção RF-DIGI com as técnicas de 60 kV e 180 mA. A partir da imagem, foi medido o quadro central DC, em seguida, os valores das medidas dos quadros com a maior diferença em relação ao central na periferia da imagem DN, foram registrados para posterior cálculo da distorção Nt.

Valores de Taxa de Kerma do Ar nos Modos Baixo e Normal do equipamento

Foram medidos os valores de kerma em modo baixo e normal e calculados os valores das razões das doses.

Levantamento radiométrico

Para realizar o cálculo do laudo radiométrico, inicialmente foram identificados os pontos de medição conforme demonstrado na Figura 5 do croqui da sala. Em seguida, foi utilizado o equipamento RaySafe para efetuar as medições dos valores necessários.

Radiação de fuga do cabeçote

As medidas foram feitas ao redor do cabeçote (lado direito, esquerdo, frontal, abaixo e na parte de trás) a um metro de distância com o colimador fechado e com o maior kV.

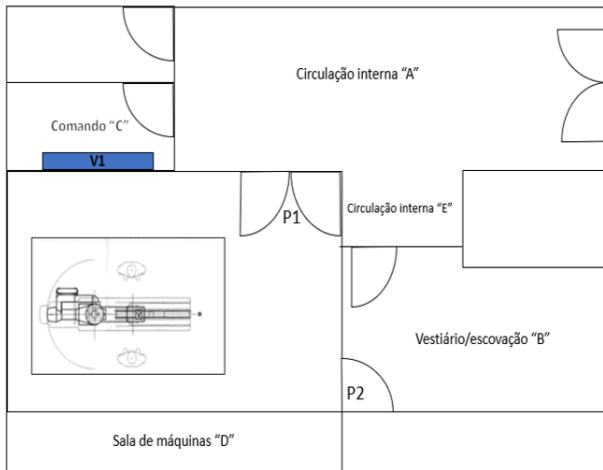


Figura 4. Croqui da sala de hemodinâmica

3. Resultados

Os testes realizados nesta pesquisa foram os testes exigidos pela legislação para verificar o funcionamento do equipamento de hemodinâmica com a análise dos valores adquiridos e se eles estavam dentro dos limites estabelecidos na Instrução Normativa IN nº 91/2021. Os valores serão apresentados nos itens a seguir.

3.1. Mínima Distância Foco-Pele

Após a medição da distância do foco tubo de raio x até a mesa de exames, foi obtido o valor conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1. Mínima distância foco-pele

Distância medida (cm)	Valor de referência
40	≥ 38 cm, para equipamentos fixos;

Fonte: O Autor (2024).

3.2. Integridade dos acessórios de proteção individual

Todos os EPIs inspecionados encontravam-se íntegros e com o lençol de chumbo uniforme.

3.3. Sinal Sonoro no Modo Cine

Foi identificado o sinal sonoro após a exposição em qualquer disparo em modo cine.

3.4. Máxima Taxa de Kerma em Ar e Reprodutibilidade do Controle Automático de Intensidade

A partir das medidas realizadas com o equipamento multiparâmetros RaySafe foram obtidos os valores de kerma no ar livre no ar, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Máxima taxa de kerma em ar

Cm de PMMA	Taxa de kerma em ar mGy/m	Taxa média de kerma em ar mGy/m	Reprodutibilidade (%)
10	7,81 7,38 7,46	7,54	5,41

20	37,1 36,5 36,7	36,69	1,63
----	----------------------	-------	------

Fonte: O Autor (2024).

3.5. Exatidão e Reprodutibilidade do Indicador de Tensão do Tubo (kV)

A partir das medidas realizadas com o equipamento multiparâmetros RaySafe foram obtidos os valores de kV conforme demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3. Exatidão do indicador de tensão do tubo (kV)

kV	mA	kV	Exatidão (%)	Reprodutibilidade (%)
67	9,2	68,82		
67	9,2	67,04	0,98	2,62
67	9,2	67,48		
67	9,2	67,29		

Fonte: O Autor (2024).

3.6. Exatidão do Indicador do Tempo (Tempo Acumulado)

A partir das medidas realizadas com o equipamento multiparâmetros RaySafe foram obtidos os valores de tempo e comparados com os valores de tempo acumulado do equipamento de hemodinâmica, conforme demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4. Exatidão do indicador do tempo

kV	Tempo nominal (ms)	Tempo medido (ms)	Exatidão (%)	Valor de referência
80	6	6,3	3,61	10%

Fonte: O autor (2024).

3.7. Qualidade do Feixe (Camada Semirredutora HVL)

A partir das medidas realizadas com o equipamento multiparâmetros RaySafe foram obtidos os valores de HVL em mm de alumínio, conforme demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5. Qualidade do feixe (camada semirredutora HVL)

kVp Nominal	53	61	72	75	85	110
kVp real	57,3	61,1	71,5	74,9	85,2	98,6
HVL mm Al	3,1	3,4	4,4	4,3	5,0	6,1

Fonte: O Autor (2024).

3.8. Resolução Espacial no Modo Fluoroscopia

Após a aquisição de uma imagem com o fantoma de RF-DIGI (Figura 2), e utilizando-se de 02 monitores para diagnóstico em hemodinâmica na sala de laudos, foi visualizado o maior número de pl/mm (par de linha por milímetro), conforme demonstrado a seguir na Figura 5.

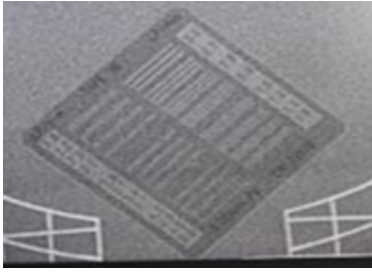


Figura 5 - Fantoma de FR-FLUORO.

Tabela 6. Simulador de resolução da imagem em modo fluoroscopia

kV	mAs	pl/mm	Referência
70	2,1	1,8	1,0 pl/mm para campos <=25 cm

Fonte: O Autor (2024).

3.9. Resolução Espacial de Baixo Contraste do Modo Fluoroscopia

Avaliando a imagem do fantoma RF-DIGI foram visualizados os 09 insertos de baixo contraste conforme demonstrado na tabela 7.

Tabela 7. Simulador de baixo contraste em modo fluoroscopia

N° insertos	(%) por campo
9	0,8

Fonte: Os Autor (2024).

3.10. Alinhamento do Eixo Central do Feixe de Raios X

Avaliando a imagem do cone central do fantoma FR-FLUORO foi identificado que o alinhamento do eixo central é menor que 1,5°, conforme visualizado na Figura 6.

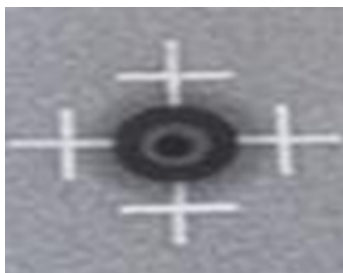


Figura 6 – cone central

3.11. Exatidão do Sistema de Colimação

A partir da imagem do fantoma (Figura 7) e comparando-se o máximo tamanho do campo de colimação, foi calculado um valor para o quociente entre o campo medido e o campo indicado, obtendo-se como resultado o valor de 0,9%.

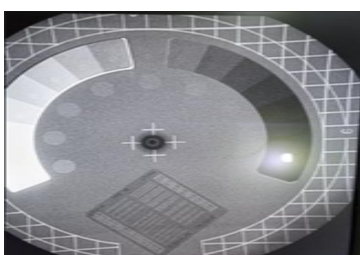


Figura 7 - Fantoma de FR-FLUORO.

3.12. Distorção geométrica

Foi utilizado o fantoma de distorção RF-DIGI com as técnicas de 60 kV e 180 mA. O cálculo do valor de distorção (Nt) é expresso na tabela 8.

Tabela 8. Valor das diagonais dos quadros com maior distorção em mm.

DN					
1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6
DC	1,5	ΣN	9,4	Nt	4,4

Fonte: O Autor (2024).

3.13. Valores de Taxa de Kerma do Ar nos Modos Baixo e Normal do equipamento.

A partir os valores de kerma em ar obtidos nos modos baixo e normal, foi calculado o valor da razão das doses, conforme demonstrado na tabela 9.

Tabela 9. Valores da taxa de kerma no ar com referência aos modos baixo e normal.

Modo	kV	Taxa de doses	Razão das Doses
Baixo	41	0,577	0,5
Normal	43	1,152	

Fonte: O autor (2024).

3.14. Levantamento radiométrico

Todos os valores medidos na sala de hemodinâmica tiveram como resultados, valores menores que 0,5 mSv/ano para áreas livres e < 5 mSv/ano para área controladas.

3.15. Radiação de fuga do cabeçote

Os valores medidos em diferentes posições ao redor do tubo de raio x, tendo como referência a distância de um metro do tubo de raio x, tiveram como resultados valores menores que 1 mGy/h.

4. Discussão

Como será mostrado a seguir, os parâmetros verificados na realização do controle de qualidade no equipamento de hemodinâmica nesta pesquisa estão de acordo com os limites estabelecidos pelos órgãos regulamentadores. Cabe ressaltar que o referido equipamento possui um programa periódico de manutenção preventiva e corretiva, o que permite verificar e corrigir quando necessário, os padrões de funcionamento do equipamento de acordo com o estabelecido na legislação vigente e pelo fabricante.

Neste aspecto, verifica-se que os valores adquiridos na realização do controle de qualidade atendem aos limites estabelecidos na IN nº 91/2021, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10. IN 91/2021- ANVISA - Anexo I (modificado para apresentação dos valores obtidos nos testes)

Testes	Valor Medido	Condição
Mínima distância Foco-Pele	40 cm	Conforme
Integridade dos acessórios de proteção individual	Todos Íntegros	Conforme

Sinal Sonoro modo cine	Existe	Conforme
Máxima taxa do kerma em ar	36,69 mGy/min para 20 cm de Acrílico	Conforme
Exatidão do indicador da tensão do tubo	2,62%	Conforme
Exatidão do tempo acumulado	3,61	Conforme
Camada semirredutora	6,1 mmAl para 110 kV	Conforme
Reprodutibilidade do controle automático	3%	Conforme
Exatidão do indicador de produto kerma ar	Não se aplica	Conforme
Valores de taxa de kerma no ar de referência modo baixo, normal e alto	0,5	Conforme
Resolução espacial no modo fluoroscopia	0,6	Conforme
Resolução espacial de Baixo Contraste modo fluoroscopia	< 0,8%	Conforme
Alinhamento do eixo central	< 1,5°	Conforme
Exatidão do sistema de colimação	Razão = 1	Conforme
Distorção geométrica	< 10%	Conforme
Valores de Taxa de Kerma do Ar nos Modos Baixo e Normal do equipamento.	≤ 0,5	Conforme
Levantamento radiométrico	Todos os valores medidos são menores que 0,5 mSv/ano para áreas livres e < 5 mSv/ano para área controladas.	Conforme
Radiação de fuga do cabeçote	Todos os valores medidos são menores que 1 mGy/h	Conforme

Fonte: ANVISA (2021), adaptada para os resultados da pesquisa.

5. Conclusões

Considerando os testes realizados no equipamento de fluoroscopia (hemodinâmica) e obedecendo ao que determina a Resolução de Diretoria Colegiada RDC nº 611/2022/ANVISA, a Instrução Normativa IN nº 91/2021/ANVISA e o Manual de Diagnóstico Médico ANVISA de 2005 e o Protocolo de control de calidad para radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe, foi possível verificar os principais parâmetros de operação e eficiência do equipamento, sendo que todos os testes realizados se encontram em conformidade com a legislação vigente.

Assim, o equipamento analisado nesta pesquisa atende a todos os requisitos recomendados nas normativas aplicadas, o que nos permite concluir a

grande importância da realização do controle de qualidade nos equipamentos de hemodinâmica, sendo este, um fator indispensável para garantir a eficiência dos procedimentos e a segurança dos indivíduos expostos e do ambiente.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto de Pesquisa Aplicado a Radioproteção pelo suporte com os equipamentos para a realização desta pesquisa.

Referências

1. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2022) Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 611/2022. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6407467/RDC_611_2022_.pdf/c552d93f-b80d-408e-92a0-9fa3573f6d46> Acesso em 11 de junho de 2022.
2. BRASIL. ANVISA - INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 91. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. 27 de maio de 2021.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2005). Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, (Série A. Normas e Manuais Técnicos).
4. GLASSER, O. Wilhelm Conrad Röntgen. San Francisco: Norman Publishing, 1993.
5. HENDEE, W. R.; RITENOUR, E. R. Medical imaging physics. New York: Wiley-Liss, 2002.
6. IAEA TECDOC 1958, "Protocolos de control de calidad para radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe". (2021)
7. MARTIN, C. J.; SUTTON, D. G. *Practical radiation protection in health care*. London: Oxford, 2002.
8. MELO, F. A. A importância do uso do dosímetro nos profissionais médicos no serviço de hemodinâmica. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, v. 3, n.1A, 2015. Disponível em: <<https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/58>>. Acesso em 13 abril 2019.
9. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Public health and the medical use of ionizing radiation. Geneva, 1965. (Technical Report Series, n. 306).
10. SANTOS, Josilene C et al. "Determinação da camada semirredutora e da tensão aplicada a partir de espectros emitidos por um tubo de raios X" In *Revista Brasileira de Física Médica*. 2016;10(3):28-33.

Contato:

Carlos Eduardo Arévalo Anzola
 Universidade Federal do Amazonas.
 Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000.
 Bairro Japiim - Campus Universitário Manaus-
 Amazonas-Brasil.
 Instituto de Pesquisa Aplicado a Radioproteção Rua
 Síriu Libanês, 95, Chapada, Manaus – AM.
 carlosssse@gmail.com