









Fatores que influenciam a exatidão do indicador dos descritores de dose em radiologia intervencionista: Avaliação de Protocolos

Factors influencing indicator accuracy of dose descriptors in interventional radiology: Evaluating Protocols

Julia F. Forell¹, Rochelle Lykawka², Alexandre Bacelar², Maurício Anés², Janine H. Dias², Isadora Veiga da Rosa², Raíssa Xavier Contassot², Thatiane A. Pianoschi¹

¹Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, Brasil

²Serviço de Física Médica e Radioproteção, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brasil

Resumo

O controle de qualidade na Radiologia Intervencionista é fundamental para mitigar os riscos associados às doses de radiação administradas tanto aos pacientes quanto à equipe clínica. Testes como exatidão do indicador de produto dose-área, da taxa de kerma e do kerma no ponto de referência de entrada no paciente são de extrema importância nesse quesito e necessitam de instruções padronizadas para a sua melhor realização. No entanto, não existe na literatura nacional a descrição de uma metodologia padronizada para conduzir os testes. Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar e testar os protocolos disponíveis na literatura internacional para os testes citados, em diferentes equipamentos e os fatores que influenciam os descritores de dose. A metodologia envolve uma parte experimental referente à exatidão da medição dos descritores para cada protocolo e a discrepância relativa dos protocolos comparados com o protocolo IAEA-TECDOC-1958. Compõem também uma parte observacional, que avalia os itens necessários de proteção radiológica para os equipamentos intervencionistas de acordo com a ABNT NBR IEC 60601-2-43. A partir dos resultados encontrados, ao comparar as metodologias sugeridas pelos diferentes protocolos, pode-se perceber que as medidas dos descritores de dose apresentaram comportamentos distintos, devido a diversas variáveis que influenciam na resposta, como a incerteza da área irradiada, a sensibilidade dos displays dos equipamentos de fluoroscopia e dos medidores utilizados. De acordo com a análise observacional, dois equipamentos se encontram em conformidade parcial ou não conformidade. A partir deste trabalho foi possível perceber que ainda há muito o que se discutir sobre os testes de controle de qualidade. A preocupação com a radioproteção e a otimização de doses em fluoroscopia, tanto dos profissionais como dos pacientes exige um eficiente controle de qualidade no equipamento, visando um desempenho satisfatório e adequado nos serviços de radiologia intervencionista, reduzindo, assim, exposições desnecessárias e doses elevadas.

Palavras-chave: Controle de qualidade; Radiologia Intervencionista; Proteção Radiológica.

Abstract

Quality control in Interventional Radiology is fundamental to mitigating the risks associated with radiation doses administered to both patients and clinical staff. Tests such as the accuracy of the dose area product, the kerma rate and the kerma at the patient entrance reference point are extremely important in this regard and require standardized instructions to be carried out better. However, there is no description in the national literature of a standardized methodology for conducting the tests. Therefore, this work aims to evaluate and test the protocols available in the international literature for the aforementioned tests, on different equipment and the factors that influence the dose descriptors. The methodology involves an experimental part regarding the measurement accuracy of the descriptors for each protocol and the relative discrepancy of the protocols compared with the IAEA-TECDOC-1958 protocol. They also comprise an observational part, which evaluates the necessary radiological protection items for interventional equipment in accordance with ABNT NBR IEC 60601-2-43. From the results found, when comparing the methodologies suggested by the different protocols, it can be seen that the dose descriptor measurements showed different behaviors, due to several variables that influence the response, such as the uncertainty of the irradiated area, the sensitivity of the displays of the fluoroscopy equipment and meters used. According to the observational analysis, two pieces of equipment are in partial compliance or non-compliance. From this work it was possible to realize that there is still a lot to discuss about quality control tests. The concern with radioprotection and optimization of fluoroscopy doses, both for professionals and patients, requires efficient quality control of the equipment, aiming for satisfactory and adequate performance in interventional radiology services, thus reducing unnecessary exposures and high doses.

Keywords: Quality control; Interventional Radiology; Radiological Protection.

1. Introdução

A Radiologia Intervencionista (RI) destaca-se como uma subespecialidade médica da radiologia, empregando procedimentos minimamente invasivos orientados por imagens, tanto para diagnóstico quanto para tratamento (1). Nos últimos anos,

observa-se um aumento significativo na demanda dos pacientes por intervenções guiadas por imagem, atribuindo-se tal crescimento ao êxito desses métodos. Estes procedimentos demonstram eficácia ao reduzir a necessidade de internações hospitalares, encurtar os períodos de recuperação e minimizar os riscos de mortalidade. Os

procedimentos intervencionistas, atuais e em desenvolvimento, dominarão o tratamento na medicina no futuro, porém, a consciência pública sobre a importância da RI ainda é bastante baixa, devendo ser ampliada (2).

Apesar dos benefícios, é crucial destacar que as doses de radiação administradas aos pacientes e, por consequência, espalhadas para a equipe clínica, podem atingir níveis consideravelmente elevados (3). A ocorrência de reações teciduais induzidas por radiação em pacientes é um fator preocupante, muitas vezes atribuído ao uso de equipamentos não calibrados e, com mais frequência, a práticas operacionais inseguras (4). A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, do inglês *International Atomic Energy Agency*) promove o *Safety in Radiological Procedures* (SAFRAD), um banco de dados que contempla o relatório de doses de procedimentos intervencionistas que atingem níveis de ação para o cuidado continuado em pacientes com aumento de risco para reação tecidual. Estes níveis de dose são denominados como *trigger levels* (5). Um dos descritores de dose definidos para estes níveis é o kerma no ponto de referência de entrada no paciente (PREP), trazendo o valor de 5 Gy como limiar para potenciais efeitos teciduais.

Uma forma de mitigar esse risco é garantindo o desempenho adequado dos equipamentos de RI, conforme recomendações da IAEA (6) e da Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) 611 (7), juntamente com a Instrução Normativa (IN) nº 91 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (8). A IAEA recomenda incluir na legislação de proteção radiológica a implantação dos programas de garantia e de controle de qualidade. Esses programas devem abranger testes de aceitação, bem como o comissionamento dos sistemas responsáveis pela produção de radiações ionizantes utilizadas em procedimentos intervencionistas (6). A RDC 611 e a IN nº 91 caracterizam a internalização no Brasil das recomendações da IAEA, estabelecendo requisitos sanitários para a garantia da qualidade e da segurança de sistemas de fluoroscopia e de radiologia intervencionista, bem como a relação de testes de aceitação e de controle de qualidade que devem ser realizados pelos serviços de saúde, as respectivas periodicidades, tolerâncias e níveis de restrição (7).

Desde o guia "Radiodiagnóstico Médico - Segurança e Desempenho de Equipamentos" (9) da ANVISA, não foram publicados protocolos por organizações nacionais que abordassem os procedimentos operacionais para execução dos testes de controle de qualidade. Como lei, a IN nº 91 traz apenas os níveis de tolerância e de restrição, e a RDC 611 define que a execução dos testes de aceitação e constância previstos "*devem ser executados conforme protocolos nacionais oficiais ou internacionais dos quais o Brasil seja signatário*" (7). Portanto, diante da ausência de um protocolo nacional oficial, os especialistas em física do radiodiagnóstico buscam orientações em diferentes

diretrizes internacionais ao tentar estruturar esses protocolos.

A norma da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC, do inglês *International Electrotechnical Commission*) 60601-2-43, internalizada no Brasil como ABNT NBR IEC 60601-2-43 (10), apresenta requisitos particulares para segurança básica e desempenho essencial dos equipamentos de raios X intervencionistas. Entretanto, é um documento que não é acessível a todos os especialistas, criando uma lacuna na realização destas avaliações.

A ABNT NBR IEC 60601-2-43 também traz outros requisitos importantes em relação a como os descritores de dose devem ser disponibilizados em equipamentos de RI. Os equipamentos devem apresentar, durante o procedimento, o indicador do kerma no ar de referência e sua taxa, visíveis ao operador. Ao final do procedimento o equipamento de RI deve também indicar o produto dose-área (do inglês *dose area product*, DAP) acumulado. Além disso, sugere unidades de medida para cada descritor, e exige que, quando o kerma no ar de referência acumulado exceder o limiar a partir do qual podem se esperar lesões na pele, convém que o equipamento exiba um aviso visual para o operador (10).

Estes descritores trazem informações importantes relacionadas ao risco biológico do paciente, em função da exposição aos raios X. O DAP está associado ao risco do paciente desenvolver efeitos estocásticos causados pelo uso da radiação, enquanto o kerma no PREP está relacionado com o risco determinístico de reações teciduais (11). A realização de testes acerca da exatidão destes dados dosimétricos é de extrema importância durante o controle de qualidade dos equipamentos de RI.

A incerteza total permitida para a exatidão do resultado da medição de kerma no ar ou DAP em equipamentos intervencionistas é de $\pm 35\%$ pela IEC (10) e pela *Food and Drug Administration* (FDA) (12), e de $\pm 20\%$ pela IN nº 91 da ANVISA (8), considerando que há variações significativas nas medidas, mesmo para sistemas fluoroscópicos calibrados funcionando corretamente.

Entretanto, persistem desafios na execução dos testes de exatidão desses descritores, uma vez que ainda não existe um protocolo único para sua realização. As variações significativas na exatidão do resultado podem estar relacionados a fatores geométricos, determinação do isocentro, tamanho de campo, restrição dos instrumentos de medida e até com a sensibilidade do display dos monitores dos equipamentos (13,14). A incerteza nos resultados das grandezas medidas com um determinado protocolo pode proporcionar irregularidade na comunicação de não-conformidades à equipe de manutenção dos equipamentos, prejudicando os processos de melhoria e otimização de dose.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar os protocolos disponíveis na literatura para execução do teste de exatidão do DAP, da taxa de kerma no ar e do kerma no PREP, identificando os fatores que influenciam nestes testes.

2. Materiais e Métodos

A metodologia apresentada neste trabalho será dividida em duas etapas. A primeira etapa é a análise experimental, referente à forma como os diferentes protocolos estabelecem a tolerância para a exatidão na determinação do DAP, da taxa de kerma no ar e do kerma no PREP, e a segunda, uma análise observacional, que verifica cumprimento dos requisitos exigidos pela ABNT-NBR-IEC 60601 (10).

2.1 Descrição dos equipamentos utilizados

Para essa pesquisa foram utilizados diferentes equipamentos de radiologia intervencionista. Equipamentos com intensificador de imagem: dois arcos cirúrgicos móveis modelo BV Pulsera do fabricante Philips. Equipamentos com *flat panel detector* (FPD): um arco cirúrgico móvel modelo OEC Elite do fabricante GE, um angiógrafo modelo Innova 3100 do fabricante GE e um angiógrafo modelo Alphenix do fabricante Canon com FPD.

Para a realização dos testes descritos nos protocolos, utilizou-se uma câmara de ionização cilíndrica 10X6-6 do fabricante Radcal, uma câmara de ionização de placas paralelas, do fabricante Radcal (equipamento medidor de DAP, *Patient Dose Calibrator* (PDC)), uma placa para avaliação de tamanho de campo (objeto de tamanho de campo) para medir a área irradiada e placas de cobre (Cu) como meio atenuador. A aplicação de cada teste descrito nos protocolos foi feita de acordo com o respectivo documento, começando com a medição do DAP e posteriormente a medição do kerma no PREP e da taxa de kerma no ar.

2.2 Análise experimental

Para conduzir este estudo, foi realizada uma busca na literatura pelos protocolos internacionais mais utilizados, que descrevem ensaios para execução de testes de exatidão do indicador ou de determinação do fator de correção do DAP, da taxa de kerma no ar e do kerma no PREP. Os documentos avaliados foram:

- Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe (IAEA-TECDOC-1958) (15)
- Accuracy and calibration of integrated radiation output indicators in diagnostic radiology: a report of the AAPM Imaging Physics Committee Task Group 190 (AAPM TG 190)(13)
- Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico - Revisión 2011 (Protocolo Espanhol) (16)
- Patient Dose Calibrator (PDC) (Manual do PDC) (17)

O IAEA-TECDOC-1958 (15) é um protocolo para América Latina e Caribe, com patrocínio da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)/IAEA, publicado em 2021. O documento traz o ensaio de verificação da taxa de kerma no ar no ponto de referência intervencionista e de determinação do fator de correção para o DAP do display do equipamento.

O AAPM TG 190 é um relatório de um grupo de trabalho na Associação Americana de Físicos em Medicina (AAPM, do inglês *American Association of Physicists in Medicine*) (13), publicado em 2008 para avaliar a exatidão do medidor de DAP. Esta é estimada com base na medida do kerma no ar em um ponto multiplicada pela área irradiada no plano desse ponto. Este relatório é ainda referenciado como base para os testes de aceitação em radiologia intervencionista sugeridos no relatório do grupo de trabalho da AAPM TG 272 de 2022 (18). O AAPM TG 190 explicita a metodologia do ensaio para cada tipo de equipamento em radiologia intervencionista.

O Protocolo Espanhol de 2011 (16) é um documento conjunto da Sociedade Espanhola de Física Médica, Sociedade Espanhola de Proteção Radiológica e Sociedade Espanhola de Radiologia Médica. Este protocolo demanda os ensaios de "*Verificação do Funcionamento do Sistema de Medida ou Estimativa do produto dose-área*" e o "*Valor de Dose no Ponto de Referência Intervencionista*". Sugere como base a publicação Safety Reports Series nº 59 da IAEA - *Establishing Guidance Levels In X Ray Guided Medical Interventional Procedures: A Pilot Study*, de 2009 (19). Este documento da IAEA é anterior à publicação IAEA-TECDOC-1958 de 2021 (15).

O Manual PDC (17) é um documento proprietário como um Manual de Instruções de Uso. O PDC é projetado como um instrumento de medição laboratorial para verificar a calibração de medidores de DAP e medidores de kerma no ar usados na dosimetria de pacientes. O equipamento pode medir kerma no ar (mGy) e DAP ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$), ambos em modo taxa e acumulado.

Os ensaios elencados estabelecem uma geometria para aquisição dos valores medidos de dose, principalmente nas medidas de kerma no ar no PREP. Sugerem a medida do kerma no ar (sem a interação da mesa de procedimento no eixo do feixe de raios X) ou considerando a interação da mesa. Trazem também informações de tensão necessária, tamanho de campo mínimo e o uso ou não de meios atenuadores para ajuste do controle automático de intensidade. Exceto o Manual PDC, todos os protocolos sugerem um valor mínimo acumulado para o descritor de dose, de forma a mitigar erros em função do instrumental. A Figura 1a apresenta a montagem dos ensaios para arcos cirúrgicos conforme os protocolos: IAEA-TECDOC-1958, AAPM TG 190 e Protocolo Espanhol. A Figura 1b representa a geometria da aquisição dos dados em angiógrafos para o Protocolo Espanhol.

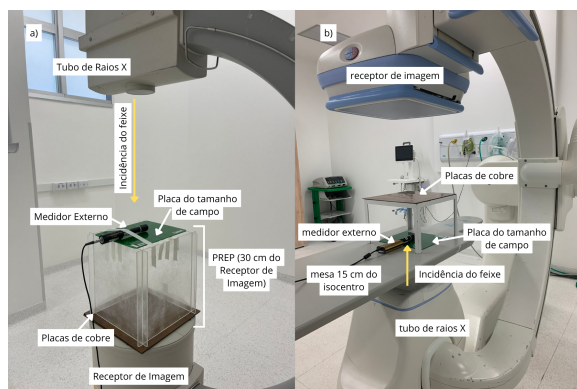


Figura 1. a) Montagem dos ensaios para arco cirúrgico (IAEA-TECDOC-1958, AAPM TG 190 e Protocolo Espanhol). b) Montagem dos ensaios para angiógrafo (Protocolo Espanhol)

A estrutura transparente mostrada na imagem serve como um suporte para manter o medidor externo a 30 cm de distância do receptor de imagem. Esta distância foi estabelecida na ABNT NBR IEC 60601-2-43 (10) como PREP nestes equipamentos. Para os angiógrafos o medidor foi colocado 15 cm do isocentro, ponto também definido pelo manual dos equipamentos como o PREP (20,21), em conformidade também com a ABNT NBR IEC 60601-2-43 (10).

A Tabela 1 descreve os fatores definidos em cada um dos ensaios dos referidos protocolos ou manual de instrução.

2.2.1 Exatidão, desvio padrão e discrepância relativa

Os descritores do produto dose-área, kerma no PREP e taxa de kerma no ar, foram mensurados

através de três repetições de exposição, obtendo a exatidão entre o valor nominal (display do equipamento) com o valor obtido no medidor externo. Posteriormente foi obtida a média da exatidão entre os resultados encontrados, a partir da Equação 1.

$$Exatidão (\%) = 100 * \frac{(DESCRITOR_{nominal} - DESCRITOR_{medida})}{DESCRITOR_{nominal}} \quad (1)$$

em que o descritor refere-se à respectiva grandeza avaliada. Foi calculado o desvio padrão entre as três medidas de cada protocolo, para avaliar a precisão do valor medido para cada descritor.

Além disso, foi estimada a discrepância relativa dos valores da média da exatidão obtidas para os descritores de dose, nos diferentes protocolos testados, em relação às mesmas obtidas no protocolo IAEA-TECDOC-1958, definido como valor de referência, conforme a Equação (2).

$$Discrepância Relativa (\%) = 100 * \frac{(média_{IAEA} - média_p)}{média_{IAEA}} \quad (2)$$

Em que $média_{IAEA}$ é a média da exatidão do descritor de dose estimada pelo protocolo IAEA-TECDOC-1958 e a $média_p$ é a média da exatidão do descritor de dose em cada um dos diferentes protocolos avaliados.

A escolha da análise da discrepância dos outros protocolos em relação ao protocolo da IAEA-TECDOC-1958 está embasada no fato deste ser publicado pela IAEA e OPAS, organizações as quais o Brasil é signatário, conforme recomenda a RDC 611 da ANVISA.

Tabela 1. Descrição dos protocolos internacionais/manual utilizados para determinar os ensaios para os descritores de dose em RI.

	Protocolo	IAEA-TECDOC-1958	AAPM TG 190	Protocolo Espanhol	Manual PDC
Localização da medida	PREP	x	x	x	x
	Isocentro	x (com correção para o PREP)			
Mesa de procedimento	Com	Para angiógrafos			
	Sem	x	x	Para arcos cirúrgicos	x
Protocolo do equipamento		Mais utilizado na rotina	Modos de taxa de dose média para fluoroscopia. Se o sistema tiver apenas duas opções de modo de taxa de dose, selecione a mais alta.	Não informado	Mais utilizado na rotina
Equipamento de medição		Câmara de ionização	Câmara de ionização	Câmara de ionização	PDC
Área mínima		10 cm x 10 cm	10 cm x 10 cm	10 cm x 10 cm	10 cm x 10 cm
kV sugerido		80	90-100	60 e 100	80-90
Frames/segundo		15	Não informado	Não informado	25
Valor acumulado por medida		superior a 200 cGy.cm ² (2 Gy.cm ²)	50 mGy	1 Gy.cm ²	acima de 5 segundos
Tolerância/Limite		Desvio da taxa de kerma ≤ 20% DAP não se aplica	kerma ±35% acima de 100 mGy DAP ±35% acima de 2,5 Gy.cm ²	kerma ≤ 20% DAP < 20 %.	Não informado

Fonte: A autora (2024).

2.3 Análise observacional

A última etapa da metodologia consistiu na avaliação observacional dos critérios estabelecidos pela ABNT NBR IEC 60601-2-43 (10), referência nacional para o registro de equipamentos de raios X para procedimentos intervencionistas na ANVISA. De acordo com esta referência temos os seguintes requisitos para o funcionamento dos equipamentos:

1. O valor da taxa de kerma no ar de referência média deve ser exibido durante a irradiação em mGy/min, continuamente, na posição de trabalho do operador.
2. Os equipamentos devem ser fornecidos com uma indicação de produto dose-área acumulado resultante de radiografia e da radioscopia desde a última operação de reiniciação. Convém que o valor seja expresso em Gy.cm².
3. A incerteza geral dos valores exibidos para um produto dose-área acumulado acima de 2,5 Gy.cm² não pode exceder 35%.
4. As indicações de kerma no ar de referência acumulado e da taxa de kerma no ar de referência devem ser legíveis a 2,5 m do monitor na sala de procedimentos.
5. A indicação no monitor para kerma no ar de referência acumulado e para taxa de kerma no ar de referência no ponto de referência de entrada do paciente não pode ser associada como "dose na pele" e "taxa de dose na pele" respectivamente.

6. Valores de kerma no ar de referência acumulado que excederem o limiar para aumento de risco de desenvolvimento de reações teciduais devem ser sinalizados ao operador, através de um aviso visual. Este valor limiar deve ser ajustável.

A ABNT contempla obrigações e recomendações, desta forma, se o equipamento atendia o especificado integralmente ele era classificado como conforme (C), se atendia a obrigatoriedade, mas não a recomendação, era classificado como parcialmente conforme (PC) e se não atingia a obrigatoriedade, não conforme (NC).

3. Resultados

Os resultados apresentados a seguir contemplam os achados referentes à exatidão dos valores medidos dos descritores de dose no medidor de radiação externo em relação aos valores apresentados no display do equipamento. Também estão descritos o desvio padrão das medições de acordo à metodologia sugerida por cada protocolo, a discrepância relativa dos protocolos em relação à IAEA-TECDOC-1958 e à análise observacional dos critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR IEC 60601-2-43.

3.1 Análise experimental: Exatidão dos descritores de dose

A medida da média da exatidão e o desvio padrão (DP) entre as três medidas realizadas para cada descritor de acordo com cada protocolo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Medida da média da exatidão dos descritores de dose (média ± DP).

Equipamento	Protocolo	Exatidão do kerma no PREP (%)	Exatidão da taxa de kerma no ar (%)	Exatidão do DAP (%)
Arco Cirúrgico BV Pulsera 1	IAEA-TECDOC-1958	7,21 ± 1,19	7,10 ± 0,02	9,92 ± 3,16
	AAPM TG 190	6,35 ± 0,48	7,10 ± 0,02	7,25 ± 0,99
	Protocolo Espanhol	5,62 ± 6,74	7,10 ± 0,02	8,02 ± 2,92
	Manual PDC	2,74 ± 0,43	3,76 ± 0,09	6,84 ± 0,72
Arco Cirúrgico BV Pulsera 2	IAEA-TECDOC-1958	7,45 ± 2,41	8,24 ± 0,03	14,94 ± 0,71
	AAPM TG 190	9,27 ± 1,78	10,47 ± 0,08	7,36 ± 1,02
	Protocolo Espanhol	8,82 ± 4,84	9,28 ± 0,08	13,77 ± 2,14
	Manual PDC	0,75 ± 0,16	0,85 ± 0,19	15,56 ± 1,07
Arco Cirúrgico OEC Elite	IAEA-TECDOC-1958	2,10 ± 2,03	3,52 ± 0,23	11,69 ± 3,06
	AAPM TG 190	4,50 ± 0,12	3,52 ± 0,23	8,05 ± 1,64
	Protocolo Espanhol	0,90 ± 0,40	3,52 ± 0,23	13,44 ± 0,05
	Manual PDC	1,83 ± 0,78	1,11 ± 0,24	3,32 ± 1,97
Angiógrafo Innova 3100	IAEA-TECDOC-1958	5,55 ± 0,87	0,59 ± 0,37	3,56 ± 0,44
	AAPM TG 190	3,21 ± 1,06	3,43 ± 0,02	15,14 ± 0,04
	Protocolo Espanhol	33,97 ± 10,09	34,45 ± 8,13	31,51 ± 9,84

	Manual PDC	13,81 ± 4,04	11,81 ± 0,68	9,59 ± 0,99
Angiógrafo Alphenix	IAEA-TECDOC-1958	32,11 ± 1,15	23,13 ± 0,26	25,27 ± 1,05
	AAPM TG 190	37,53 ± 0,37	33,77 ± 3,06	30,39 ± 0,35
	Protocolo Espanhol	17,57 ± 6,62	17,96 ± 11,98	6,59 ± 4,94
	Manual PDC	34,33 ± 0,08	34,43 ± 1,81	23,26 ± 1,17

Fonte: A autora (2024).

De acordo com os resultados, é possível perceber que os indicadores da taxa de kerma no ar nos equipamentos BV Pulsera 1 e 2 demonstraram os menores desvios padrão entre os protocolos internacionais. De forma geral, também apresentaram os menores desvios padrão entre as medidas.

Aplicando a metodologia descrita no Protocolo Espanhol, foram obtidas as menores exatidões nas medidas dos descritores de kerma no PREP e taxa de kerma no ar, sendo estes de (33,97 ± 10,09)% para o kerma no PREP no angiógrafo Innova 3100, (17,96 ± 1,98)% para a taxa de kerma no ar no angiógrafo Alphenix e (31,51 ± 9,84)% para DAP no angiógrafo Innova 3100.

O equipamento Alphenix possui as maiores variações da medida do descritor de dose do display em relação ao medidor externo, sendo o maior deles (37,53 ± 0,37)% para kerma no PREP quando se aplica o protocolo AAPM TG 190. Apesar de um alto valor na exatidão, o desvio padrão não tem o mesmo comportamento. Outros valores significativos nos percentuais de exatidão foram identificados para a taxa de kerma no ar (34,45 ± 8,13)% e para DAP (31,51 ± 9,84)% no equipamento Innova 3100 para o Protocolo Espanhol, porém com desvios também significativos.

3.2 Análise experimental: Discrepância relativa dos protocolos em relação à IAEA-TECDOC-1958

Os resultados das médias da exatidão dos valores dos descritores medidos foram utilizados para calcular a discrepância relativa dos protocolos em relação à IAEA-TECDOC-1958. As Figuras 2, 3 e 4 ilustram os valores encontrados.

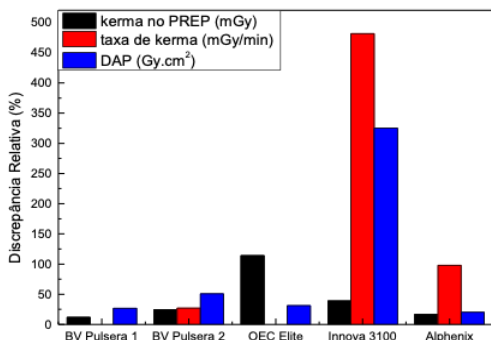


Figura 2. Discrepância Relativa entre IAEA-TECDOC-1958 e a AAPM TG 190 para todos os equipamentos.

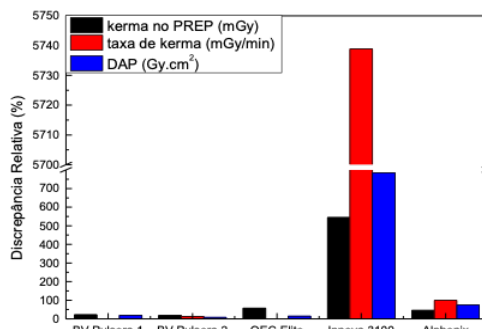


Figura 3. Discrepância Relativa entre IAEA-TECDOC-1958 e o Protocolo Espanhol para todos os equipamentos.

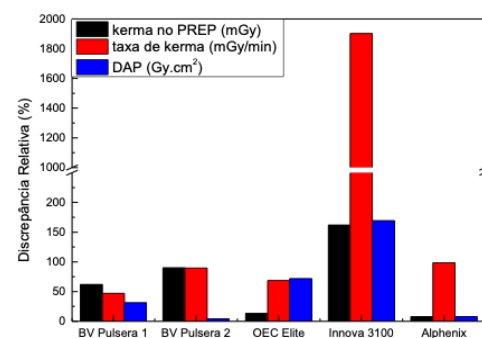


Figura 4. Discrepância Relativa entre IAEA-TECDOC-1958 e o Manual PDC para todos os equipamentos.

As maiores discrepâncias relativas foram identificadas no equipamento Innova 3100 para o descritor de dose taxa de kerma no ar, para o Protocolo Espanhol (5738,88%), para o Manual PDC (1901,45%) e para a AAPM TG 190 (481,81%). As menores discrepâncias foram encontradas na taxa de kerma no ar dos equipamentos BV Pulsera 1 e OEC Elite, em ambos protocolos AAPM TG 190 e Protocolo Espanhol, sem discrepância alguma.

Em uma análise dos descritores de dose de forma geral, os equipamentos com intensificador de imagem (BV Pulsera) apresentaram as menores discrepâncias relativas para o protocolo AAPM TG 190 e Protocolo Espanhol. Quanto aos equipamentos com FPD (OEC Elite, Innova 3100 e Alphenix), não é possível afirmar uma tendência na análise de discrepância relativa entre os protocolos.

3.3 Análise observacional

Para a análise observacional dos equipamentos, criou-se uma tabela com todos os requerimentos da ABNT NBR IEC 60601-2-43 (10), descritos de 1 a 6 no item 2.3 em Materiais e Métodos, para analisar quais estão em conformidade. A Tabela 3 apresenta os resultados.

Tabela 3. Análise observacional dos equipamentos

Equipamento	Requisito					
	1	2	3	4	5	6
Arco Cirúrgico BV Pulsera 1	C	PC	C	C	C	C
Arco Cirúrgico BV Pulsera 2	C	C	C	C	C	C
Arco Cirúrgico OEC Elite	C	C	C	C	C	C
Angiógrafo Innova 3100	C	C	C	C	C	C
Angiógrafo Alphenix	C	C	NC	C	C	NC

C= Conforme; NC= Não Conforme; PC= Parcialmente conforme.

Fonte: A autora (2024).

Os equipamentos Arco Cirúrgico BV Pulsera 2, Arco Cirúrgico OEC Elite, Angiógrafo Innova 3100 e Angiógrafo Alphenix apresentam a unidade do descritor DAP em seus displays como Gy.cm². O Arco Cirúrgico BV Pulsera 1 fornece uma indicação de produto dose-área acumulado resultante de radiografia e da radioscopia desde a última operação de reiniciação, porém, apresenta como mGy.m², desta forma está parcialmente conforme. A Figura 5 apresenta o display dos equipamentos.

Todos os equipamentos, exceto o Angiógrafo Alphenix, no protocolo AAPM TG 190, resultaram em uma incerteza de exatidão menor que 35%. Este resultado pode ser observado na Tabela 2 na coluna de Exatidão do kerma no PREP (%) com resultado de 37,53 ± 0,37.

O angiógrafo Alphenix foi o único equipamento que não exibiu aviso referente ao fato de o limiar ter sido excedido, aumentando o risco de reações teciduais, definido como NC na Tabela 3.

Na análise dos descritores de dose entre os diferentes equipamentos, foi possível identificar que todos os manuais descrevem estes conforme o estabelecido pela ABNT NBR IEC 60601-2-43 (10). Porém, a nomenclatura diverge para o usuário final, como é o caso dos equipamentos BV Pulsera, em que o display do equipamento descreve o kerma no PREP como *Examination Dose* (mGy) durante a aquisição de imagem e no relatório estruturado de dose apresenta como *Cumulative Dose* (mGy).

Para o descritor kerma no PREP, os equipamentos BV Pulsera 1 e 2 (relatório estruturado de dose), OEC Elite e Alphenix apresentam o valor do descritor com duas casas decimais, porém, o equipamento BV Pulsera 1 e 2 (durante a aquisição) possui apenas uma e o Innova 3100 não apresenta nenhuma casa decimal. Para o DAP, os equipamentos BV Pulsera 1 e 2 e Alphenix apresentam quatro casas decimais, o OEC Elite possui três e Innova 3100 possui duas casas decimais.

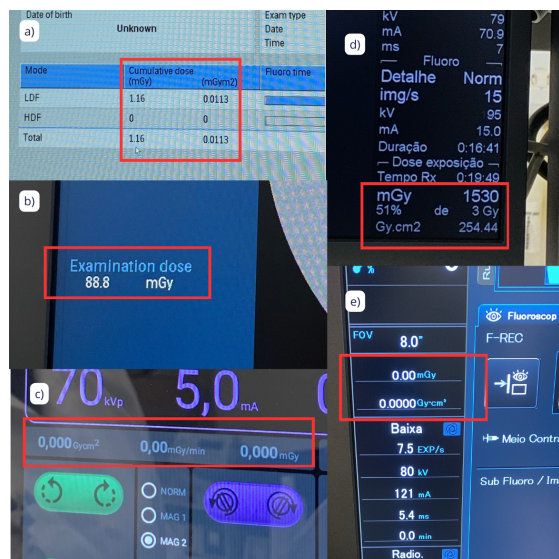


Figura 5. Displays dos equipamentos - relatório estruturado de dose: BV Pulsera 1 e 2 (a); e monitor durante a aquisição de imagem: BV Pulsera 1 e 2 (b); OEC Elite (c); Innova 3100 (d); Alphenix (e)

4. Discussão

4.1 Análise experimental: Exatidão dos descritores de dose

A partir dos resultados encontrados na Tabela 2, referentes à análise do valor nominal com os medidos pelos detectores externos, pode-se perceber que as medidas dos descritores de dose apresentaram comportamentos distintos entre a metodologia descrita pelos protocolos e entre equipamentos, não sendo possível associar uma tendência nesse estudo. Existem muitas variáveis que podem influenciar nessa medida, que foram observadas durante a execução dos protocolos internacionais e Manual do PDC e serão abordadas nessa discussão.

De acordo com o *Report da AAPM TG 190* (13) existem diversos fatores que contribuem para a não conformidade relacionados à exatidão dos descritores de dose dos equipamentos de RI.

Posição do PREP

O posicionamento incorreto do medidor externo no eixo de incidência do feixe primário de raios X, como a localização errada no PREP ou isocentro, pode inferir erros na exatidão do kerma e sua taxa. A ABNT NBR IEC 60601-2-43 (10) define onde deve estar localizado o PREP para diferentes equipamentos e orienta a buscar informação nas especificações do fabricante. Essa informação não é localizada facilmente nas instruções de uso dos equipamentos, registradas na ANVISA. Ainda, quando a referência da distância do PREP é em relação ao ponto focal, o especialista em física é desafiado a localizá-lo entre os diferentes fabricantes que não identificam nem o ponto focal no cabeçote, nem a região do isocentro no gantry do equipamento de RI. Considerando que a distância em relação ao ponto focal é uma relação quadrática para energia (22), pequenas variações no posicionamento do medidor externo podem associar grandes variações na medida do descritor de dose.

Tamanho da área irradiada

As medidas de DAP orientadas nos protocolos internacionais avaliados são estimadas com base na medida do kerma no ar acumulado em um plano de área conhecida, perpendicular ao eixo de incidência do feixe. Portanto, além das variáveis já citadas para estimar o kerma acumulado no PREP, a medida da área irradiada é também relevante.

Incertezas associadas ao tamanho do campo de raios X podem afetar a exatidão do DAP. A AAPM afirma que para um campo retangular, um erro de ± 1 mm no cálculo em cada lado produziria um erro DAP de $\pm 3\%$ para uma área de 50 cm^2 (13). Desta forma, é recomendado utilizar uma área maior que 100 cm^2 para diminuir este erro (13). Uma vantagem do PDC é a não necessidade de medir a área irradiada, uma vez que o equipamento estima diretamente o DAP e sua taxa, evitando a propagação do erro humano.

Controle Automático de Intensidade (CAI)

Um outro fator que afeta os achados é relacionado ao CAI que controla os parâmetros técnicos operacionais dos equipamentos de RI, como tensão máxima (kVp), corrente (mA), largura de pulso (ms) e filtração adicional (mmCu ou mmAl, quando aplicável). Esse sistema difere em tecnologia para cada fabricante/equipamento e necessita estar em bom funcionamento para garantir tanto a qualidade das imagens geradas quanto a dose mínima necessária ao paciente.

Pode-se identificar através dos desvios entre medidas, estimados neste estudo, que os sistemas de CAI dos equipamentos com intensificador de imagem são menos suscetíveis a grandes diferenças de radiopacidade no campo irradiado, em função das diferenças existentes na forma de detecção e transformação dos raios X em sinal elétrico, bem como da região no sistema onde é realizada a quantificação do sinal para o CAI (23,24).

Alguns equipamentos, como é o caso do Alphenix e do Innova 3100, possuem maior sensibilidade de ajuste no CAI. Nesse caso, o próprio medidor de radiação pode interferir nos ajustes dependendo do material que é constituído. Materiais radiopacos como detectores de estado sólido e o próprio suporte da câmara de ionização cilíndrica podem interferir inclusive na estabilidade do CAI. A alta instabilidade gera variação nos parâmetros técnicos e, por consequência, nos valores de taxa de kerma no ar quando a câmara de ionização está no campo irradiado, devido à alta variação de densidade que a câmara proporciona.

Esta variação não é encontrada na realidade clínica, uma vez que não há diferenças de densidade desta grandeza no corpo humano. Portanto, não há necessidade deste nível de sensibilidade na rotina de uso dos equipamentos de RI. Alguns equipamentos possuem filtros de processamento que condicionam o sistema CAI a compensar quando encontra diferenças grandes de densidade, como próteses metálicas. Isso pode ser feito por protocolos específicos previamente programados nestes

equipamentos (25). Este protocolo clínico foi adotado no estudo para o equipamento OEC Elite.

Um problema específico observado na aplicação do Protocolo Espanhol relacionado a restrições do sistema CAI é que este protocolo orienta a realização de medidas com a filtração máxima disponível no equipamento e a mínima. Entretanto, a inserção de filtração adicional está associada a programações prévias dos protocolos clínicos do equipamento de RX, que incluem ajustes no CAI, entre outros parâmetros. Portanto, nos equipamentos avaliados não é usuário-dependente esta seleção de filtro adicional. Foi necessário testar diversas combinações de meio atenuador no feixe de raios X (mmCu) para avaliar esta variação na filtração adicional dos equipamentos de RI, o que pode impactar significativamente nos resultados encontrados.

O equipamento de medição PDC possui vantagem neste sentido pois a área útil da câmara de ionização é radiotransparente, não afetando o sistema CAI dos equipamentos de RI.

Sensibilidade dos equipamentos

A sensibilidade do valor da dose exibida no display do equipamento de RI também é um fator crítico para o teste. Muitos equipamentos apresentam o valor do kerma em unidades de mGy, sem casas decimais, como é o caso do Innova 3100. Este fato pode inferir erro de arredondamento na medida de exatidão do indicador de dose. Nestes casos é necessário ter uma maior atenção e acumular valores dos descritores de dose maiores que uma unidade, pelo menos (13). Por outro lado, ao analisar os resultados do desvio padrão das medidas, pode-se observar que o Protocolo Espanhol tende a apresentar os maiores desvios. Este resultado pode ser explicado devido ao fato de ser o protocolo que menos necessita acumular um valor de DAP ou kerma, exceto pelo PDC. A AAPM (13) cita o seguinte exemplo: um valor de kerma no ar de 20 mGy pode ter um erro de $\pm 0,5 \text{ mGy}$ no valor inicial e $\pm 0,5 \text{ mGy}$ no valor final, resultando em um erro total de $\pm 1 \text{ mGy}$ ou 5% . Ao acumular uma dose de pelo menos 50 mGy este erro reduz para $\pm 2\%$, sendo justificável o acúmulo de dose. O Protocolo Espanhol sugere um valor acumulado de 1 Gy.cm^2 , enquanto IAEA-TECDOC-1958 sugere um valor acumulado acima de 2 Gy.cm^2 e AAPM TG 190 acima de 50 mGy .

Modos de aquisição

Outra análise que pode ser feita é que, em geral, os protocolos internacionais e o manual avaliados não informam o modo de aquisição (fluoro *low*, fluoro normal, fluoro *high* ou cine/radiográfico) que deve ser adotado para execução do teste. Nem todos os equipamentos possuem a mesma denominação para os diferentes modos ou mesmo possuem a mesma disposição. Por exemplo, o angiógrafo Innova 3100 possui modo fluoro *low*, fluoro normal e cine enquanto o arco cirúrgico BV Pulsera possui modos de aquisição *high dose fluoroscopy* (HDF) e *low dose fluoroscopy* (LDF). Devido a essas variações, foi

priorizado o uso do modo em fluoroscopia que oferecesse a maior dose em menor tempo, exceto modo cine/radiografia, de forma a otimizar o tempo de uso do equipamento e mitigar o risco de dano ao tubo de raios X.

4.2 Análise experimental: Discrepância relativa dos protocolos em relação à IAEA-TECDOC-1958

Apesar de, na prática, terem sido observadas diferentes variações, uma forma de analisar os protocolos é realizar uma medida de discrepância relativa, elencando um dos protocolos como referência. Foi definido o IAEA-TECDOC-1958 como protocolo referência, uma vez que é o único protocolo avaliado de uma organização internacional na qual o Brasil é signatário.

Avaliando os resultados das discrepâncias relativas nas figuras 2, 3 e 4, pode-se observar melhores resultados entre os equipamentos com intensificador de imagem (BV Pulsera), nos protocolos internacionais que recomendam um DAP ou kerma acumulado mínimo (13, 15).

O Innova 3100 apresentou as maiores discrepâncias em todos os protocolos e em todos os descritores, exceto kerma no PREP para AAPM TG 190, onde apresentou ser a segunda maior discrepância do protocolo/descritor. Este resultado não pode ser considerado na avaliação da discrepância relativa, uma vez que o equipamento já apresentou viés no cálculo da exatidão do indicador devido a variações não controláveis associadas à instabilidade do sistema CAI.

O Protocolo Espanhol orienta uma geometria de teste que inclui a mesa de procedimento no eixo do feixe de raios X para angiógrafos. Pode-se observar uma sensível diferença entre discrepância relativa do kerma no PREP e DAP acumulados deste protocolo quando comparado com a discrepância do protocolo AAPM TG 190 e do Manual PDC. O resultado pode ser reflexo das variações associadas à mesa, considerando sua atenuação e espalhamento. Além disso, o Protocolo Espanhol busca estimar a medida do descritor de dose em protocolos clínicos. Para isso, sugere medidas em 60 kV e 100 kV, com diferentes filtrações adicionais, considerando a mediana das medidas de exatidão entre estas diferentes formas de aquisição de imagem sugeridas, agregando também variáveis na comparação dos protocolos internacionais/manual.

Apesar dos resultados experimentais, é importante que sejam seguidas as condições mínimas descritas no documento de orientação para o registro dos equipamentos no Brasil, a ABNT NBR IEC 60601-2-43, os documentos internacionais em que o Brasil é signatário e das normativas da ANVISA. Além disso, a IN nº 91 apresenta valores de tolerância mais restritivos que a ABNT NBR IEC 60601-2-43, sendo obrigatório que o fabricante esteja em conformidade com o protocolo mais restritivo no país.

Os protocolos internacionais mais atuais, IAEA-TECDOC-1958 e AAPM TG 190, seguem a mesma orientação de execução, sendo que o primeiro define

um DAP acumulado de pelo menos $2 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ e o segundo 50 mGy de kerma no ar acumulado. O Protocolo Espanhol referente ao documento da IAEA de 2009 (19), que apesar de ser válido no Brasil em função de ser da IAEA, está desatualizado. É importante citar que o documento da AAPM TG 190 está atrelado ao Report No. 272 - AAPM Task Group Report 272: Comprehensive Acceptance Testing and Evaluation of Fluoroscopy Imaging Systems (18). Este documento foi construído pelos especialistas em física do radiodiagnóstico juntamente com os fabricantes dos equipamentos de RI, devendo ser considerado na interlocução com as empresas responsáveis pela manutenção e calibração dos equipamentos de RI. O protocolo da AAPM TG 190 está de acordo com o proposto pela ABNT NBR IEC 60601-2-43, quando considera a incerteza geral dos valores exibidos para um produto dose-área acumulado acima de $2,5 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ não podendo exceder 35%; a taxa de kerma no ar de referência e o kerma no ar de referência acumulado não podendo desviar de seus respectivos valores exibidos mais do que 35%. A ABNT NBR IEC 60601-2-43 difere deste último quando define que a exatidão máxima de 35% deve ser avaliada em valores de taxa de kerma no ar e o kerma, respectivamente, acumulados em pelo menos $6 \text{ mGy}/\text{min}$ e 100 mGy (10).

4.3 Análise observacional

Sobre a análise observacional, a Tabela 3 apresenta os resultados. O equipamento Arco Cirúrgico BV Pulsera Philips 1 está parcialmente conforme no item 2, pois o valor expresso do DAP no equipamento está em $\text{mGy}\cdot\text{m}^2$ e não em $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$. Esta diferença de unidade de medida com o que é estabelecido pela ABNT NBR IEC 60601-2-43 pode resultar em uma avaliação equivocada do valor de DAP pela equipe responsável pelo procedimento intervencionista ($1 \text{ mGy}\cdot\text{m}^2 = 10 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$).

O angiógrafo Innova 3100, por outro lado, não apresenta casas decimais para o kerma no ar acumulado, sendo determinante para propagação de erros durante as conversões de unidades na realização do teste de kerma no PREP.

Convém que o medidor externo e o display do equipamento tenham configurações similares de unidades e casas decimais, de forma a reduzir a propagação de erro associado a conversões de medidas de exatidão. As variações nas medidas do Innova 3100 podem estar vinculadas a esta fragilidade.

O angiógrafo Alphenix não está em conformidade com o item 3, pois apresentou um erro superior à 35% para o protocolo AAPM TG 190. Além disso, está em não conformidade com item 6, pois não apresentou sinal visual ou sonoro ao exceder o limiar de DAP de $3 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$

5. Conclusões

A partir deste trabalho, foi possível perceber que os estudos a respeito dos testes de controle de qualidade ainda necessitam de grande atenção pelos profissionais da área. É necessário ter conhecimento

do equipamento de RI e do seu manual de instruções, além de todos os fatores que possam interferir na medida do kerma no PREP, da taxa de kerma no ar e do DAP, .

Com base nos resultados deste estudo e nas revisões das normativas nacionais e internacionais no qual o Brasil é signatário, sugere-se que seja considerado o protocolo da IAEA-TECDOC-1958 na execução dos ensaios de Exatidão do Indicador de DAP, do kerma no PREP estabelecidos pela IN nº 91 da ANVISA. Deve-se ainda associar a estes ensaios os limiares de DAP e kerma no ar estabelecidos pela ABNT NBR IEC 60601-2-43, assim como a definição do PREP, quando esta distância não estiver definida no manual de instruções do equipamento de RI.

Por se tratarem de testes que contemplam os descritores principais, no que se refere à dose nos pacientes, é de extrema importância que seja feito de forma correta e que apresente resultados coerentes. A preocupação com a radioproteção e a otimização de doses em fluoroscopia, tanto dos profissionais como dos pacientes, exige um controle de qualidade eficiente, visando um desempenho bom e adequado nos serviços de RI, reduzindo, assim, exposições desnecessárias e doses elevadas.

Referências

- Bushong SC. Radiologic Science for Technologists E-Book: Physics, Biology, and Protection. Elsevier Health Sciences; 2020.
- European Society of Radiology (ESR). Summary of the proceedings of the International Forum 2017: 'Position of interventional radiology within radiology'. Insights into Imaging. 2018;9:189-197. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29476428/> Acesso em: 10 Set. 2023
- Heilmaier C, Niklaus Z, Berthold C, Weishaupt L, Improving Patient Safety: Implementing Dose Monitoring Software in Fluoroscopically Guided Interventions, Journal of Vascular and Interventional Radiology, Volume 26, Issue 11, 2015
- ICRP. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP Publication. 2000;85.
- IAEA. Trigger levels for follow-up of patients to detect clinically relevant tissue reactions (update 2022). 2022. Disponível em: <https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/databases-and-learning-systems/safrad>. Acesso em: 20 Nov. 2023
- IAEA. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. Specific Safety Guides. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; 2018. ISBN: 9789201017178.
- Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil) . Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Diretoria Colegiada. Resolução - RDC nº 611, de 09 de março de 2022. Brasil: Diário Oficial da União, ano 2022, p. 107-110, 16 mar. 2022
- ANVISA. INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 91. Dispõe sobre requisitos sanitários para a garantia da qualidade e da segurança de sistemas de fluoroscopia e de radiologia intervencionista. Diário Oficial da União, Brasília; 2021.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Radiodiagnóstico médico: desempenho de equipamentos e segurança. Brasília, DF: Editora Anvisa; 2005.
- ABNT. Equipamento eletromédico Parte 2-43: Requisitos particulares para a segurança básica e desempenho essencial dos equipamentos de raios X para procedimentos intervencionistas (IEC 60601-2-43). ABNT NBR. 2021.
- International Atomic Energy Agency. Radiation doses in interventional procedures, 2022. Disponível em: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/interventional-procedures/radiation-doses-in-interventional-fluoroscopy>. Acesso em: 21 Nov. 2023
- FDA. Performance Standard for Diagnostic X-Ray Systems and Their Major Components (21CFR 1020.30, 1020.31, 1020.32, 1020.33); Small Entity Compliance Guide. U.S. Food and Drug Administration; 2023
- AAPM. Accuracy and calibration of integrated radiation output indicators in diagnostic radiology: a report of the AAPM Imaging Physics Committee Task Group 190. Medical physics. 2015;42(12):6815-6829. Wiley Online Library.
- Toroi P, Komppa T, Kosunen A. A tandem calibration method for kerma-area product meters. Physics in Medicine & Biology, Volume 53, Número 18, p. 4941, 2008
- IAEA, Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe (IAEA-TECDOC-1958); 2021.
- Sociedad Española de Física Médica; Sociedad Española de Protección Radiológica. Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico: aspectos técnicos. Madrid.; 2011.
- Radcal. Model PDC, Patient Dose Calibrator Instruction Manual, 2019
- AAPM. Task Group Report 272: Comprehensive Acceptance Testing and Evaluation of Fluoroscopy Imaging Systems, 2022.
- IAEA. Establishing Guidance Levels in X-Ray Guided Medical Interventional Procedures: A Pilot Study. Safety Reports Series No. 59. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; 2009. ISBN: 978-92-0-107308-2.
- GE Medical Systems SCS. Manual Innova MOD. 2000, 3100, 4100. Sistema Digital de Imagem por Raios X
- Canon. Manual de operação para o sistema angiografo intervencionista Alphenix, 2018
- Halliday, David, Robert Resnick, and Jearl Walker. Fundamentos de Física: Eletromagnetismo. Vol. 3 . Grupo Gen-LTC, 2000.
- Rauch P, Lin PJ, Balter S, et al. Functionality and operation of fluoroscopic automatic brightness control/automatic dose rate control logic in modern cardiovascular and interventional angiography systems: a report of Task Group 125 Radiography/Fluoroscopy Subcommittee, Imaging Physics Committee, Science Council. Med Phys. 2012;39(5):2826-2828.
- Nickoloff E. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: physics of flat-panel fluoroscopy systems: Survey of modern fluoroscopy imaging: flat-panel detectors versus image intensifiers and more. Radiographics: a review publication of the Radiological Society of North America, Inc, 31 2, 591-602 .
- GE. OEC Elite Planned Maintenance Procedure, 2022

Contato:

Julia Flor Forell
 Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSA)
 R. Sarmiento Leite, 245 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90050-170
 E-mail: jflorforell@gmail.com