

Estudo Comparativo de Indicadores de Dose de Pacientes Submetidos a Procedimentos Cardiológicos em Angiógrafos de Diferentes Tecnologias

Comparative Study of Patient Dose Indicators in Cardiology Procedures Using Angiography Systems with Different Technologies

Raphael A. Souza¹, Mariana C. C. França¹, Antônio P. Daud¹, Rennan V. S. Rocha¹, Adriano M. Caixeta², Regina B. Medeiros^{1,2}, Marcelo B. Freitas^{1,3}

¹Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica – UNIFESP, São Paulo, Brasil

²Pós-Graduação em Cardiologia da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP, São Paulo, Brasil

³Departamento de Biofísica da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP, São Paulo, Brasil

Resumo

A radiologia intervencionista desempenha um papel fundamental nos procedimentos de hemodinâmica, permitindo diagnósticos e tratamentos minimamente invasivos. No entanto, a exposição à radiação ionizante continua sendo uma preocupação para pacientes e profissionais. Este estudo tem como objetivo comparar os valores típicos dos indicadores de dose (kerma acumulado - K_a e produto kerma-área - PKA) e tempo de fluoroscopia, em associação com as características antropométricas de pacientes submetidos a procedimentos cardiológicos em angiógrafos de diferentes tecnologias instalados em um serviço de hemodinâmica de um hospital de grande porte. Foram analisados dados retrospectivos de 509 procedimentos clínicos praticados em angiógrafos de diferentes gerações tecnológicas, sendo dois deles modelos mais modernos (fabricados em 2023) e um modelo mais antigo (fabricado em 2011), todos utilizando detectores do tipo flat-panel. Foi realizado um levantamento dos indicadores de dose reportados nos relatórios fornecidos pelos equipamentos e nos registros do serviço, bem como de informações sobre o índice de massa corporal (IMC) dos pacientes e do tempo de fluoroscopia desses procedimentos. Do total, observou-se que a angiografia coronária corresponde a 55% dos casos, enquanto a angioplastia eletiva a 22% dos casos e a associação de angiografia coronária com angioplastia a 15% dos casos. Os resultados indicam que, apesar de perfis semelhantes entre os pacientes (IMC) e tempos de exposição comparáveis entre as salas, os valores dos indicadores de dose variaram significativamente entre os angiógrafos de diferentes tecnologias sendo que o mais antigo apresentou doses consideravelmente mais elevadas. Este estudo demonstra a importância de realizar monitoramento frequente dos indicadores de dose e parâmetros de exposição praticados nos pacientes submetidos a procedimentos da radiologia intervencionista e revela o impacto que a modernização tecnológica pode ter na redução da dose de radiação.

Palavras-chave: radiologia intervencionista; hemodinâmica; dose de radiação; níveis de referência em diagnóstico; proteção radiológica; otimização.

Abstract

Interventional radiology plays a key role in hemodynamic procedures by enabling minimally invasive diagnoses and treatments. However, exposure to ionizing radiation remains a concern for both patients and healthcare professionals. This study aims to compare typical values of dose indicators—cumulative air kerma (K_a) and kerma-area product (PKA)—and fluoroscopy time, in association with the anthropometric characteristics of patients undergoing cardiac procedures using angiography systems with different technologies, installed in the hemodynamics unit of a large hospital. Retrospective data from 509 clinical procedures performed on angiography systems of different technological generations were analyzed, including two modern systems (manufactured in 2023) and one older system (manufactured in 2011), all using flat-panel detectors. Dose indicators were obtained from equipment reports and institutional records, along with patient body mass index (BMI) and fluoroscopy time. Among all cases, coronary angiography accounted for 55%, elective angioplasty for 22%, and combined angiography with angioplasty for 15%. The results show that, despite similar patient profiles (BMI) and comparable fluoroscopy times across the rooms, dose indicator values varied significantly among systems with different technologies, with the oldest angiograph delivering considerably higher radiation doses. This study highlights the importance of routinely monitoring dose indicators and exposure parameters in interventional radiology procedures and underscores the impact that technological modernization can have on reducing patient radiation exposure.

Keywords: interventional radiology; hemodynamics; radiation dose; diagnostic reference levels; radiological protection; optimization.

1. Introdução

A radiologia intervencionista permite a realização de procedimentos diagnósticos e terapêuticos minimamente invasivos com o uso de raios X. No entanto, a exposição à radiação ionizante nesses procedimentos pode representar riscos para pacientes e profissionais. Por isso, a monitoração e o controle das doses aplicadas são fundamentais para

garantir a segurança sem comprometer a qualidade dos exames.

Estudos (1-3) demonstram que há uma grande variabilidade nas doses de radiação administradas, influenciada por fatores como tipo de procedimento, características do paciente e experiência do operador. A definição de níveis de referência e estratégias de otimização são fundamentais para

garantir que os benefícios do procedimento superem os riscos associados à exposição à radiação.

Este estudo tem como objetivo comparar a exposição à radiação em procedimentos de cardiologia intervencionista realizados em diferentes salas (angiógrafos de diferentes tecnologias) de um serviço de hemodinâmica de um hospital escola de grande porte na cidade de São Paulo. Foram analisados os relatórios e registros de dose de radiação dos procedimentos e características antropométricas dos pacientes, com o intuito de identificar padrões de exposição, comparar as doses entre salas e tipos de procedimentos. Além disso, pretende-se avaliar que a aquisição de novos angiógrafos, não só possibilita um aumento na capacidade de atendimento aos pacientes, mas também pode trazer uma redução significativa da exposição à radiação.

2. Materiais e Métodos

Neste estudo foi realizada uma análise quantitativa baseada na coleta de dados retroativos (sem informações sensíveis dos pacientes), realizada entre 30 de setembro de 2024 e 28 de novembro de 2024, em três salas de hemodinâmica de um hospital escola de grande porte da cidade de São Paulo, onde todos os procedimentos analisados foram de natureza cardiológica. O estudo foi autorizado pelo Comitê de Ensino e Pesquisa do hospital participante.

O escopo deste estudo foi avaliar procedimentos realizados em pacientes adultos (≥ 18 anos), sendo excluídos, portanto, todos os procedimentos em pacientes pediátricos (10 procedimentos em 562, totalizando em 1,8% dos casos no período estudado). Além disso, o estudo concentrou-se nos procedimentos com maior frequência no serviço, o que representou 91,6% dos procedimentos realizados pela equipe de cardiologia no período:

- Angiografia coronária (COR);
- Angioplastia eletiva (ATCPL);
- Angiografia coronária + Angioplastia (CORATC).

Outro procedimento que aparece com frequência relevante no serviço foi o de Hipertensão Pulmonar (H.P.) com frequência de 5,7%, porém, devido ao curto período do estudo, essa porcentagem representava apenas 32 procedimentos, dos quais 5 possuem registro de dose incompletos. Os outros 2,7% dos procedimentos dividiram-se entre congênito (CONG) e Valvoplastia.

Os relatórios de dose de radiação fornecidos pelos equipamentos e os registros desses indicadores realizados pela equipe permitiram a extração das informações essenciais empregadas no estudo comparativo realizado: kerma acumulado (K_a), produto kerma-área (PKA) e tempo de fluoroscopia. Estes parâmetros foram analisados em conjunto com os dados antropométricos dos pacientes (peso e altura), que permitiram o cálculo do índice de massa corporal de cada paciente (IMC).

Das 3 salas onde os procedimentos foram realizados, uma possuía um angiógrafo mais antigo, fabricado em 2011 (sala 1), e as outras duas salas possuíam angiógrafos com tecnologia mais moderna,

fabricados em 2023 (salas 2 e 3). Todos os angiógrafos possuíam sistemas de imagem com detectores do tipo *flat-panel* e controle automático de exposição (CAE) com ajuste simultâneo de tensão (kV) e corrente (mA). As curvas de calibração dos CAEs de todos os equipamentos foram ajustadas pelo fabricante de maneira a garantir que as imagens produzidas de pacientes com diferentes biótipos possuíssem qualidade clínica suficiente para realização dos procedimentos intervencionistas.

O angiógrafo da sala 1, fabricado em 2011, não possui um sistema automatizado para a geração de relatórios de dose, tornando necessário o registro manual dessas informações em planilhas preenchidas pelos técnicos do setor. Os pacientes cujos registros estavam incompletos ou incorretos, com inconsistências de informações essenciais foram excluídos da análise, garantindo a qualidade e a confiabilidade dos dados utilizados neste estudo. Foi necessário descartar apenas 8 pacientes em 168 procedimentos realizados nesta sala ($\approx 4,8\%$ dos dados desta sala).

Os angiógrafos das salas 2 e 3, fabricados em 2023, foram configurados para emitir automaticamente o relatório de dose em formato DICOM após a finalização do exame, enviado juntamente com as imagens do procedimento para o PACS. Para coletar estes dados foi necessário acessar manualmente o PACS do serviço para extrair apenas os relatórios de dose de cada paciente. Os relatórios de dose possuíam todas as informações essenciais para o estudo, inclusive o PKA resultante do uso da fluoroscopia e do uso do modo cine, entre outros registros do procedimento. Além disso, por estar em formato DICOM, alguns relatórios de dose possuíam também informações como peso e altura dos pacientes, quando o técnico registrava essas informações no momento de cadastro do paciente no equipamento, no início do procedimento.

Nos casos em que não foi feito o registro das informações antropométricas no equipamento, estas foram extraídas do livro de sala ou da planilha do serviço. No total 17 pacientes dos 562 (3%) tiveram seus dados antropométricos registrados de forma incompleta nos três meios de registro simultaneamente, inviabilizando o cálculo do IMC.

Todos os dados foram compilados em uma planilha do Excel e as análises também foram feitas neste software, com a utilização de tabelas dinâmicas.

A análise estatística incluiu a verificação da normalidade da distribuição do IMC dos pacientes para avaliar não só a adequação dos métodos estatísticos utilizados, mas também para verificar se os perfis antropométricos dos pacientes não diferiram entre as salas. Essa análise é importante uma vez que o IMC influencia a taxa de exposição que o equipamento utiliza no procedimento. A mesma análise foi realizada para o tempo de fluoroscopia entre as salas, que também influencia nas doses totais dos procedimentos.

As doses de radiação foram comparadas entre os tipos de procedimentos da cardiologia, por meio de gráficos *boxplot*, permitindo a visualização das

variações e seus respectivos valores atípicos. Por se tratar de valores de dose típicos, valores normalmente empregados localmente para identificar salas/equipamentos que necessitam de otimização, foi utilizado a mediana no lugar do 3º quartil da distribuição de doses (4, 5). Também foi avaliado o impacto da modernização dos equipamentos do serviço de hemodinâmica, comparando as doses de radiação entre a sala que utiliza um angiógrafo mais antigo e as salas equipadas com novos angiógrafos. Essa comparação possibilitou avaliar o impacto na exposição à radiação proporcionada pelos novos equipamentos e discutir suas consequências para a proteção radiológica dos pacientes e até mesmo dos profissionais, já que ambas as exposições à radiação (primária e espalhada) guardam relação de proporcionalidade.

3. Resultados e Discussão

No total foram realizados 562 procedimentos nas 3 salas do serviço de hemodinâmica, sendo que 515 (92%) correspondem a procedimentos de angiografia coronária (COR), angioplastia eletiva (ATCPL) ou a associação de ambos (CORATC). Dos 515, 6 procedimentos não possuíam valores de dose registrados.

3.1. Distribuição dos tipos de procedimentos

A Figura 1 apresenta a distribuição percentual dos procedimentos realizados no serviço de hemodinâmica durante o período analisado.

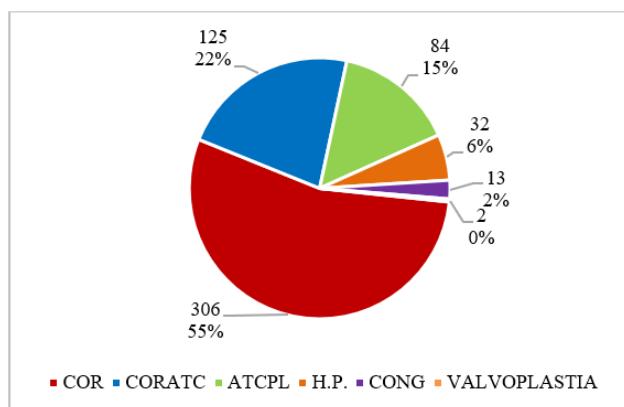


Figura 1. Distribuição dos tipos de procedimentos realizados nas 3 salas do serviço de hemodinâmica.

Os dados demonstram que a angiografia coronária (COR) foi o procedimento mais realizado, correspondendo a 306 (55%) do total de procedimentos, seguida pela associação de angiografia coronária com angioplastia (CORATC) com 125 (22%) procedimentos e depois pela angioplastia eletiva (ATCPL) com 84 procedimentos (15%), representando um total de 515 (92%) dos 562 procedimentos realizados no período.

Os outros 8%, divididos entre H.P., CONG e VALVOPLASTIA, não possuíam um número representativo o suficiente para estabelecer valores típicos dos indicadores de dose e parâmetros de exposição no período de coleta.

3.2. Distribuição da idade dos pacientes

A Figura 2 apresenta a distribuição etária dos pacientes submetidos a procedimentos na hemodinâmica durante o período do estudo.

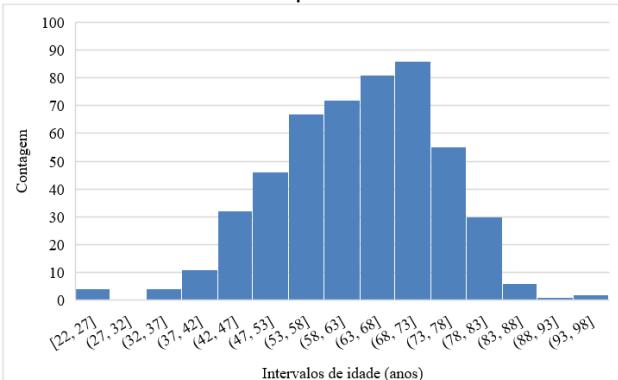


Figura 2. Histograma da distribuição das idades dos pacientes que foram submetidos à procedimentos COR, CORATC ou ATCPL.

A média de idade foi de 63 ± 12 anos. Embora a distribuição etária não tenha impacto direto na análise das doses de radiação, esses dados contribuem para a caracterização do serviço de hemodinâmica e do perfil dos pacientes que realizam esses tipos de procedimentos.

3.3. Distribuição do IMC dos pacientes

A distribuição dos IMCs dos pacientes possui relevância no levantamento de valores típicos de dose e na comparação das doses praticadas em cada equipamento.

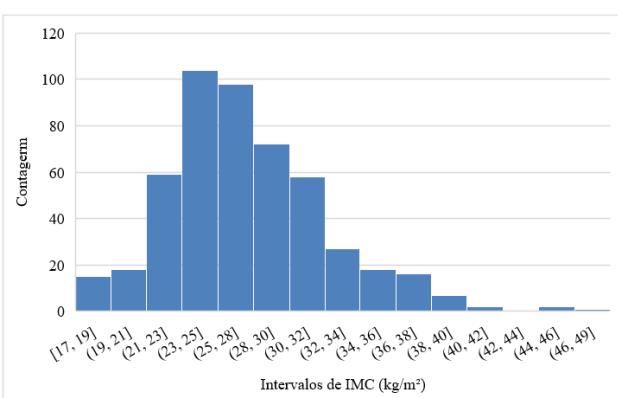


Figura 3. Histograma da distribuição do IMC dos pacientes que foram submetidos à procedimentos COR, CORATC ou ATCPL.

O histograma da Figura 3 sugere uma distribuição aproximadamente normal, cuja média é de $27,2 \pm 4,7$ kg/m², mediana 26,6 kg/m². A caracterização do IMC é um fator relevante na análise da dose de radiação, uma vez que pacientes com maior IMC fazem com que o controle automático de exposição (CAE) empregue parâmetros (kV e mA) mais elevados nos angiógrafos para compensar a maior atenuação do feixe de raios X.

A Figura 4 apresenta os boxplots comparando a distribuição do IMC dos pacientes entre as três salas de hemodinâmica e a Tabela 1 apresenta os valores médios, desvios padrões e medianas de cada sala isoladamente e de todas juntas.

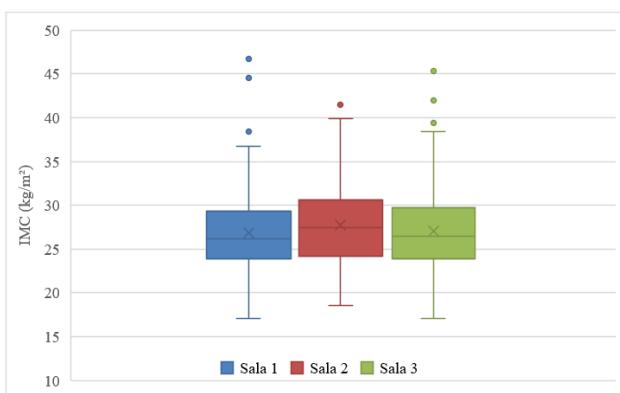


Figura 4. Boxplot da distribuição do IMC separando as salas em que o procedimento foi realizado.

Tabela 1. Valores estatísticos das distribuições de IMC.

IMC	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Todas
Nº de exames	130	130	237	497
Média	26,9	27,7	27,0	27,2
Mediana	26,1	27,4	26,4	26,6
Desvio padrão	5,4	4,8	5,0	4,7
Mínimo*	17,0	18,6	17,0	17,0
Máximo*	36,7	39,9	38,5	39,9

*Desconsiderando outliers.

Fonte: O Autor (2025).

Observando estes resultados é possível verificar que não há diferença significativa entre os valores de IMC dos pacientes atendidos em cada sala.

3.4. Distribuição do tempo de fluoroscopia

A Figura 5 apresenta a distribuição dos tempos de fluoroscopia para os principais procedimentos realizados no serviço de hemodinâmica.

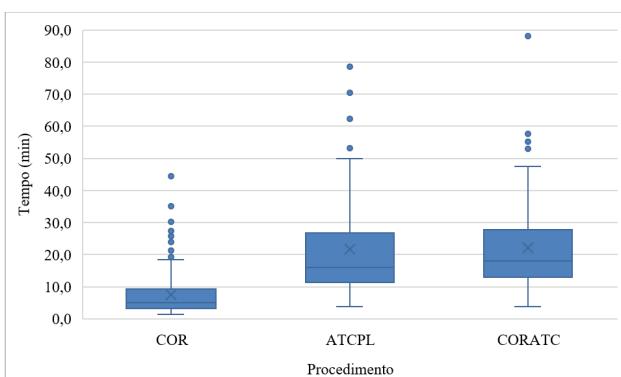


Figura 5. Boxplots da distribuição do tempo de fluoroscopia separado por tipo de procedimento.

A análise dos dados permite caracterizar o perfil de tempo de exposição à radiação em cada tipo de exame e definir valores típicos para essas intervenções.

Os resultados (Tabela 2) mostram que a angiografia coronária (ou cateterismo) apresenta tempos de fluoroscopia significativamente menores quando comparada à angioplastia eletiva e à combinação angiografia + angioplastia. Essa diferença era esperada, pois cateterismo é um exame estritamente diagnóstico, exigindo apenas a aquisição de imagens para avaliação anatômica. Em contrapartida, os procedimentos terapêuticos demandam maior tempo de exposição devido à necessidade de posicionamento preciso dos

dispositivos, dilatação das lesões com balões e implante de stents, o que pode elevar significativamente o tempo total de fluoroscopia.

Tabela 2. Valores estatísticos das distribuições de tempo (em minutos) de fluoroscopia por tipo de procedimento.

Procedimento	COR	ATCPL	CORATC
Nº de exames	298	84	123
Média	7,6	21,7	22,1
Mediana	5,0	16,0	18,0
Desvio padrão	6,7	15,6	13,3
3º Quartil	9,4	26,8	27,7
Máximo*	18,5	50,0	47,6

*Desconsiderando outliers.

Fonte: O Autor (2025).

Dos 505 procedimentos com o tempo de fluoroscopia registrados, 4 ultrapassaram 60 minutos. Apesar deste valor por si só não ser suficiente para notificação ou monitoração do paciente (6), seu registro e monitoramento permite a revisão do corpo clínico na tentativa de investigar os motivos que levaram a um procedimento prolongado.

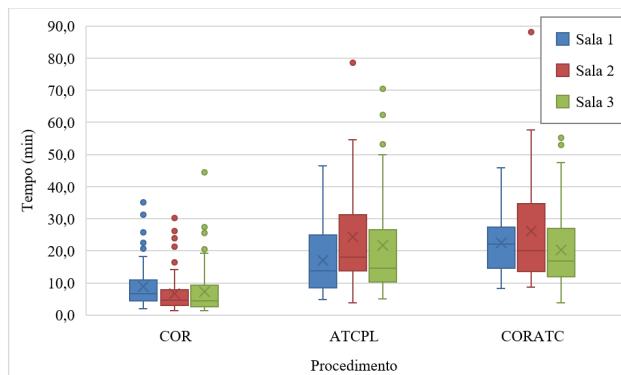


Figura 6. Boxplot da distribuição do tempo de fluoroscopia separado por sala e tipo de procedimento.

A Figura 6 permite verificar que não há discrepâncias entre os tempos médios de exposição (fluoroscopia) para cada equipamento, nas diferentes salas, sugerindo que a conduta dos operadores é semelhante independentemente do equipamento utilizado. Dada a semelhança entre as salas, os tempos de fluoroscopia praticados não justificariam eventuais diferenças nas doses de radiação recebidas pelos pacientes.

3.5. Valores Típicos: Kerma Acumulado e Produto Kerma-Área

A Figura 7 permite avaliar os valores típicos de kerma acumulado praticados no serviço, comparando-os com valores de referência disponíveis na literatura. Os valores típicos foram definidos pelo valor da mediana (5). Estes valores típicos, determinados para cada sala, permitem que localmente sejam identificadas práticas que necessitam de otimização.

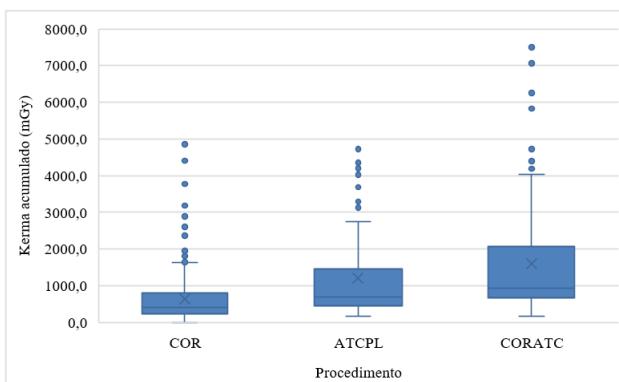


Figura 7. Boxplot da distribuição de kerma acumulado para cada procedimento.

A Tabela 3 apresenta os valores típicos de kerma acumulado dos procedimentos mais comumente realizados no serviço de hemodinâmica. Pode-se verificar a alta variabilidade das doses praticadas observando os valores de desvio padrão, próximos ao valor da própria média, em acordo com outros estudos da literatura(1-3).

Tabela 3. Distribuição dos valores de kerma acumulado (mGy) praticados em angiografia coronariana (COR), angioplastia eletiva (ATCPL) e angiografia coronária + angioplastia (CORATC).

Procedimento	COR	ATCPL	CORATC
Média	649,9	1215,7	1596,7
Mediana	409	701	944
Desvio padrão	692,3	1135,5	1496,2
3º Quartil	799	1459	2067
Máximo	4851	4726	7495

Fonte: O Autor (2025).

Os valores típicos correspondentes à mediana da distribuição para angiografia coronariana (COR), angioplastia eletiva (ATCPL) e angiografia coronária + angioplastia (CORATC) foram de 409 mGy, 701 mGy e 944 mGy, respectivamente.

Os dados da Figura 8 evidenciam que as doses variam consideravelmente entre as salas, com a sala 1 (equipamento de 2011) apresentando valores mais elevados em todos os tipos de procedimento.

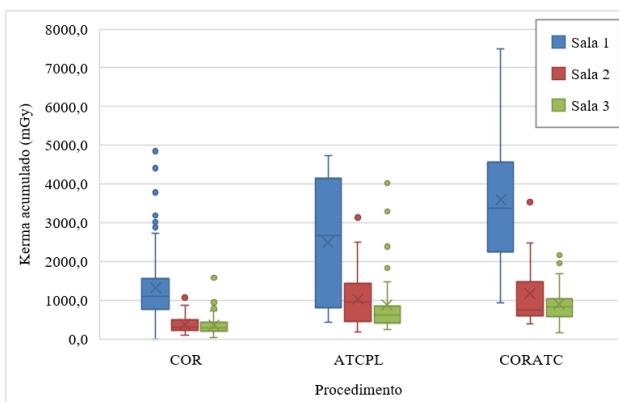


Figura 8. Boxplot da distribuição de kerma acumulado separado por sala e tipo de procedimento.

Essa discrepância pode ser atribuída tanto pela diferença tecnológica da fabricação dos angiografos, como também a um possível desgaste do detector ao longo dos anos, resultando em uma menor eficiência na produção da imagem e, consequentemente, maior

necessidade de compensar com taxas de exposição mais altas para garantir qualidade diagnóstica. Ainda assim, é importante destacar que os angiografos apresentam conformidade em todos os testes de controle de qualidade realizados anualmente, incluso dos detectores tipo *flat-panel*.

A Tabela 4 apresenta detalhadamente as diferenças observadas entre as salas, mostrando que valores de média, mediana e 3º quartil são significantemente superiores na sala 1.

Tabela 4. Valores estatísticos das distribuições de kerma acumulado (mGy) por tipo de procedimento, separados por sala.

Procedimento	Sala	COR	ATCPL	CORATC
Nº de exames	1	91	15	29
	2	76	27	29
	3	135	42	65
Média	1	1315,2	2480,0	3600,0
	2	374,5	1038,0	1168,3
	3	356,6	878,4	894,2
Mediana	1	1107,0	2678,0	3378,0
	2	310,0	962,0	745,0
	3	286,0	626,5	831,0
Desvio padrão	1	924,8	1609,3	1741,2
	2	204,9	732,1	862,3
	3	220,1	814,7	461,5
3º Quartil	1	1565,0	4140,0	4559,5
	2	496,3	1426,0	1479,0
	3	437,0	856,0	1046,5
Máximo	1	4851,0	4726,0	7495,0
	2	1073,0	3134,0	3538,0
	3	1580,0	4024,0	2165,0

Fonte: O Autor (2025).

Os valores de kerma acumulado praticados nas salas 2 e 3 representam uma redução de aproximadamente 75% em relação aos valores da sala 1.

A distribuição dos valores típicos do PKA para os procedimentos mais comumente realizados no serviço de hemodinâmica pode ser observado na Figura 9. A Tabela 5 apresenta os valores estatísticos calculados a partir dessas distribuições do PKA em cada procedimento, permitindo uma comparação com os valores de referência disponíveis na literatura.

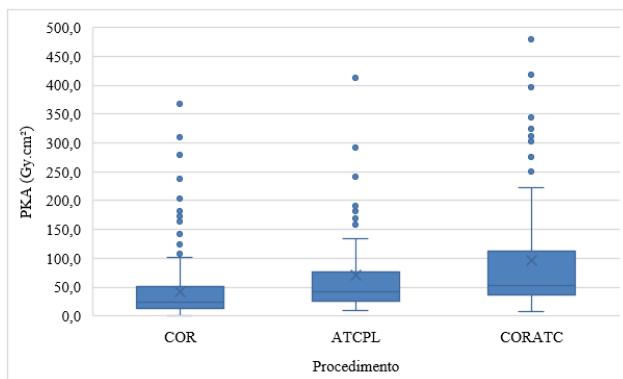


Figura 9. Boxplot da distribuição do PKA para cada procedimento.

Novamente, pode-se verificar a grande variabilidade das doses praticadas, representada pelos altos valores de desvio padrão observados em cada procedimento, próximos ao valor da própria

média, reforçando a preocupação mencionada na introdução (1-3).

Tabela 5. Distribuição dos valores do produto kerma-área - PKA ($\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$) praticados em angiografia coronariana (COR), angioplastia eletiva (ATCPL) e angiografia coronária + angioplastia (CORATC).

Procedimento	COR	ATCPL	CORATC
Média	41,9	70,6	96,8
Mediana	24,2	42,4	53,6
Desvio padrão	48,1	73,1	96,4
3º Quartil	50,7	77,0	112,0
Máximo	367,1	412,2	479,9

Fonte: O Autor (2025).

Os valores típicos do PKA, correspondentes à mediana da distribuição para angiografia coronariana (COR), angioplastia eletiva (ATCPL) e angiografia coronária + angioplastia (CORATC) foram de 24,2 $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$, 42,4 $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$ e 53,6 $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$, respectivamente.

A Figura 10 evidencia que o PKA também varia consideravelmente entre as salas e novamente com a sala 1 apresentando valores mais elevados em todos os tipos de procedimento.

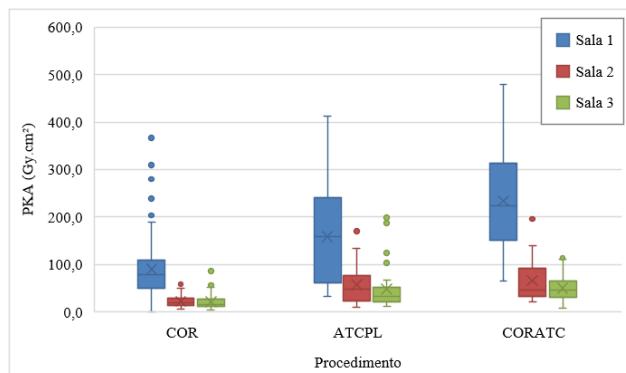


Figura 10. Boxplot da distribuição do PKA separado por sala e tipo de procedimento.

A Tabela 6 traz detalhadamente as diferenças observadas do PKA entre as salas, mostrando que valores de média, mediana e 3º quartil são significantemente superiores na sala 1.

Tabela 6. Valores estatísticos das distribuições do produto kerma-área PKA ($\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$) por tipo de procedimento, agrupados por sala.

Procedimento	Sala	COR	ATCPL	CORATC
Nº de exames	1	91	15	29
	2	76	27	29
	3	135	42	65
Média	1	89,7	159,0	233,9
	2	22,1	57,3	65,6
	3	20,8	47,6	49,5
Mediana	1	78,9	157,8	223,0
	2	19,0	48,2	45,7
	3	15,9	32,2	45,7
Desvio padrão	1	63,5	113,3	105,1
	2	13,0	40,1	48,3
	3	13,4	43,6	25,6
3º Quartil	1	108,1	240,9	314,0
	2	29,0	76,3	91,1
	3	27,6	51,0	64,1
Máximo	1	367,1	412,2	479,9
	2	58,3	169,8	195,8
	3	85,7	198,1	113,9

Fonte: O Autor (2025).

3.6. Valores típicos alcançáveis

Como apresentado anteriormente, a sala 1 eleva significativamente os valores típicos apresentados neste serviço. Na Tabela 7 é demonstrado qual seria o cenário caso o equipamento mais antigo fosse substituído por um semelhante aos das salas 2 e 3, fabricados em 2023.

Tabela 7. Distribuição dos valores do tempo de fluoroscopia, kerma acumulado (mGy) e produto kerma-área ($\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$) calculados apenas com dados das salas 2 e 3.

Procedimento	COR	ATCP	CORATC	
	Média	7,0	22,7	22,2
Tempo de fluoroscopia (min)	Mediana	4,4	16,4	17,1
	Desvio padrão	6,5	16,3	14,2
	3º Quartil	9,1	28,9	28,1
	Máximo	44,4	78,6	88,1
	Média	363,0	940,9	978,7
Kerma acumulado (mGy)	Mediana	297,0	639,0	822,5
	Desvio padrão	214,4	781,9	621,8
	3º Quartil	464,0	1215,0	1120,3
	Máximo	1580,0	4024,0	3538,0
	Média	21,3	51,4	54,5
PKA ($\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$)	Mediana	17,1	34,8	45,7
	Desvio padrão	13,2	42,2	34,8
	3º Quartil	27,8	65,2	67,2
	Máximo	85,7	198,1	204,5

Fonte: O Autor (2025).

Observa-se uma redução significativa nos valores praticados, quando somente as salas 2 e 3 são consideradas na determinação dos valores estatísticos que caracterizam as distribuições.

3.7. Comparação com outros Estudos

Sánchez e colaboradores (7) realizaram um levantamento dos níveis de referência na Espanha a partir de 14 centros de saúde, com um total de 26 salas. No total, foram 16631 dados de angiografia coronariana e 13393 dados de angioplastia.

A Tabela 8 traz a comparação entre os resultados da mediana de kerma acumulado e tempo de fluoroscopia obtidos neste estudo para as salas 1 e 2-3, com os de Sánchez e colaboradores (3º quartil), para os procedimentos de angiografia coronariana e angioplastia eletiva.

Tabela 8. Comparação dos valores da mediana da distribuição de kerma acumulado (mGy) e tempo de fluoroscopia (min) praticados neste trabalho nas salas 1 e 2-3, com os encontrados por SÁNCHEZ et al. (3º quartil) para angiografia coronariana (COR) e angioplastia eletiva (ATCPL).

Parâmetro	Estudo	COR	ATCPL
Kerma acumulado (mGy)	Sala 1	1107	2678
	Salas 2-3	297	639
	SÁNCHEZ	532	1319
Tempo de fluoroscopia (min)	Sala 1	8,9	13,7
	Salas 2-3	4,4	16,4
	SÁNCHEZ	6,7	15,0

Fonte: *SÁNCHEZ, et al modificada.

Quando comparamos os valores medianos de kerma acumulado praticados somente na sala 1, observamos que são praticamente o dobro daqueles encontrados por Sánchez. Por outro lado, quando comparamos os valores praticados nas salas 2 e 3, verifica-se uma redução dos valores de kerma acumulado praticados de aproximadamente 45% e 50%, para os procedimentos de angiografia e angioplastia, respectivamente, em comparação aos encontrados por Sánchez.

Ao comparar a mediana dos tempos de fluoroscopia praticados entre a sala 1 e as salas 2 e 3, não se observa um padrão de aumento como no caso do kerma e do PKA. Para angiografia coronariana a mediana da sala 1 foi o dobro do encontrado para as salas 2 e 3, porém, para procedimentos de angioplastia, foi observado uma mediana 16% menor. Em comparação ao encontrado por Sánchez, em números absolutos, há uma variação de aproximadamente 2 minutos para angiografia e 1,4 minuto para angioplastia.

Os resultados encontrados nas salas 2 e 3, indicam que mesmo tratando-se de um hospital escola, tanto para angiografia coronariana, como para angioplastia eletiva, os valores de PKA e tempo de fluoroscopia ficam abaixo dos encontrados por Sánchez e colaboradores (7).

A Tabela 9 traz a comparação entre os resultados obtidos da mediana do PKA obtidas neste estudo para as salas 1 e 2-3 com outros estudos que Sánchez e colaboradores apresentaram em seu trabalho.

Tabela 9. Valores da mediana da distribuição de PKA ($\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$) obtidos neste estudo para procedimentos COR e ATCPL praticados nas salas 1 e 2-3, em comparação a diferentes estudos*.

Estudo	COR	ATCPL
Este estudo (salas 2-3)	17	35
Germany, 2019	28	48
UK, 2009	29	50
France, 2017	26	60
Croatia, 2010	32	72
Finland, 2019	30	75
SÁNCHEZ, 2020	39	78
Ireland, 2009	42	84
SENTINEL, 2008	45	85
EURADOS, 2018	35	87
DIMOND, 2003	57	94
Belgium, 2009	71	106
Greece, 2013	53	129
Bulgaria, 2012	40	140
Este estudo (sala 1)	79	158
USA, 2012	83	193

Fonte: *SÁNCHEZ e colaboradores (7) modificada.

Novamente, ao comparamos os valores praticados somente na sala 1 para os procedimentos de angiografia e angioplastia, verifica-se que estes estão entre os mais altos, enquanto os valores das salas 2 e 3 são os menores. Apesar de se tratar de um cenário de treinamento (hospital escola), o uso de diferentes tecnologias pode resultar em valores de PKA consideravelmente menores, reforçando a importância e o impacto da atualização dos angiógrafos empregados.

4. Conclusões

Este estudo evidenciou a influência da tecnologia dos angiógrafos nas doses de radiação recebidas pelos pacientes em procedimentos cardiológicos. Equipamentos mais modernos, como os das salas 2 e 3, apresentaram doses consideravelmente inferiores em comparação à sala 1, que utiliza um sistema mais antigo e que exige maior quantidade de radiação para os mesmos tipos de procedimento, tanto em termos de kerma acumulado quanto de PKA.

A coleta de dados também destacou a importância do registro adequado (dado a quantidade de dados ausentes ou que estavam incorretos ou duvidosos) dos dados antropométricos e dosimétricos: a ausência ou imprecisão dessas informações compromete o monitoramento adequado dos pacientes, podendo tanto omitir casos que exigiriam acompanhamento quanto gerar alarme injustificado.

Por fim, apesar dos procedimentos serem majoritariamente realizados por residentes médicos em treinamento, os valores encontrados são comparáveis aos de referências internacionais recentes, mesmo considerando ainda o equipamento mais antigo, o que demonstra a qualidade dos protocolos adotados. Como produto adicional do estudo, foram propostos valores típicos para o serviço, que no futuro podem auxiliar na construção de Níveis de Referência Diagnósticos (NRDs) locais e contribuir para a melhoria contínua da prática.

Agradecimentos

Aos membros da equipe do serviço de hemodinâmica do hospital participante deste estudo.

Aos Ministérios da Educação e da Saúde pelas bolsas do Programa de Residência Uniprofissional em Saúde.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro e institucional (21/10117-9).

Referências

1. BALTER, S. et al. Establishing guidance levels in X-ray guided medical interventional procedures: a pilot study. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2008. (Safety Reports Series, n. 59). Disponível em: <https://www.iaea.org/publications>. ISBN 978-92-0-107308-2.
2. PETERZOL, A. et al. Reference levels in PTCA as a function of procedure complexity. Radiation Protection Dosimetry, v. 117, n. 1-3, p. 54-58, 2005. DOI: 10.1093/rpd/nci719.
3. PANTOS, I. et al. Patient radiation doses in interventional cardiology procedures. Current Cardiology Reviews, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2009. DOI: 10.2174/157340309787048460.
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Patient radiation exposure monitoring in medical imaging. Vienna: IAEA, 2023. (Safety Reports Series, No. 112).
5. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). Diagnostic reference levels in medical imaging. Annals of the ICRP, v. 46, n. 1, p. 1-144, 2017. (ICRP Publication 135). DOI: 10.1177/0146645317717209.
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Trigger levels for follow-up of patients to detect clinically relevant tissue reactions. Update June 2022. Vienna: IAEA, 2022.
7. SÁNCHEZ, Roberto et al. Updating national diagnostic reference levels for interventional cardiology and methodological aspects. Physica Medica, v. 70, p. 169-175, 2020. DOI: 10.1016/j.ejmp.2020.01.014.

Contato:

Raphael Augusto de Souza
Universidade Federal de São Paulo - Unifesp
Estrada Dr. Rafael Elias José Aun, 300, casa 4
ra.souza@unifesp.br