

ALVARO ADOLFO VILAS BOAS CASTILHO

**ESTUDO DAS DOSES RECEBIDAS POR PACIENTES E EQUIPE
MÉDICA NAS EMBOLIZAÇÕES VASCULARES E NEUROLÓGICAS.**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de São Paulo – Escola Paulista de
Medicina para a obtenção do Título de Mestre
em Ciências.

São Paulo

2016

ALVARO ADOLFO VILAS BOAS CASTILHO

**ESTUDO DAS DOSES RECEBIDAS POR PACIENTES E EQUIPE
MÉDICA NAS EMBOLIZAÇÕES VASCULARES E NEUROLÓGICAS.**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de São Paulo – Escola Paulista de
Medicina para a obtenção do Título de Mestre
em Ciências.

Orientadora: Dra. Regina Bitelli Medeiros

São Paulo

2016

Castilho, Alvaro Adolfo Vilas Boas

Estudos das doses recebidas por pacientes e equipe médica nas embolizações vasculares e neurológicas / Alvaro Adolfo Vilas Boas Castilho. -- São Paulo, 2016.
xiii, 62f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-graduação em Radiologia e Ciências Radiológicas.

Título em inglês: A study on maximum skin dose and occupational dose in embolization procedures.

1. Quimioembolização Terapêutica. 2. Radiação. 3. Radiografia Intervencionista. 4. Aneurisma.

Universidade Federal de São Paulo
Escola Paulista de Medicina
Departamento de Diagnóstico por Imagem

Chefe do Departamento:

Prof. Dr. Nitamar Abdala

Coordenadora do Curso de Pós-Graduação:

Profa. Dra. Suzan Menasce Goldman

ALVARO ADOLFO VILAS BOAS CASTILHO

**ESTUDO DAS DOSES RECEBIDAS POR PACIENTES E EQUIPE MEDICA NAS
EMBOLIZAÇÕES VASCULARES E NEUROLÓGICAS.**

Presidente da banca:

Prof. Dra. Regina Bitelli Medeiros

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Linda Viola Ehlin Caldas

Prof. Dr. Adriano Henrique Pereira Barbosa

Prof. Dr. Marcelo Baptista de Freitas

Suplente

Profa. Dra. Marcia Pires de Campos

DEDICATÓRIA

A minha esposa Renata Vilas Boas e a minha filha Alexia Vilas Boas que aceitaram minha ausência em diversos momentos familiares. Entrego minha gratidão por sua compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao Deus do céu e da terra, pelas bênçãos recebidas, proteção e por me fazer sonhar.

À Dra. Regina Bitelli Medeiros pela sua orientação dedicada, por seus conselhos oportunos, por sua compreensão nos momentos difíceis, amizade incondicional e pela sua confiança depositada em mim.

Ao Dr. José Marconi pelo apoio e incentivo para desenvolver esse trabalho.

Aos médicos, Dr. Denis Szejnfeld, Dr. Vinicius Fornazari, Dr. Darcio R. Nalli e aos enfermeiros e técnicos de enfermagem do Serviço de Radiologia Intervencionista do Hospital São Paulo que muito colaboraram para a coleta de dados.

A física Camila H. Murata pela colaboração na calibração dos filmes radiocrômicos.

A *Mirion Technologies* que muito contribuiu ao fornecer os *InstadoseTM dosimeters*.

A todos os meus familiares, amigos e colegas que contribuíram, apoiaram e confiaram em meu empenho.

*“Existe uma cortesia do coração, que ao amor se
irmana. Dela flui a cortesia serena da conduta
exterior.” Goethe*

SUMÁRIO

Dedicatória.....	v
Agradecimentos.....	vi
Epígrafe.....	vii
Listas.....	x
Resumo.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Terapias.....	17
2.1.1 Terapias Intervencionistas em Carcinoma Hepatocelular HCC.....	18
2.1.2 Terapia intervencionista em mioma uterino.....	18
2.1.3 Terapia intervencionista em malformações vasculares (MAV) e aneurisma.....	18
2.2 Equipamentos Angiográficos.....	19
2.3 Indicadores Geométricos.....	22
2.3.1 Isocentro.....	22
2.3.2 Angulação / rotação do arco.....	22
2.3.3 Distância foco intensificador (DFI).....	22
2.3.4 Tamanho do campo.....	23
2.3.5 Ponto de referência intervencionista (IRP).....	23
2.4 Indicadores dosimétricos.....	24
2.4.1 Dose acumulada.....	24
2.4.2 Dose máxima na pele (PSD).....	24
2.4.3 Produto kerma-área (KAP).....	24
2.5 Proteção Radiológica.....	25

2.5.1 Dosimetria das Radiações.....	25
2.5.2 Detectores de Radiação.....	26
2.6 Danos produzidos pela radiação em procedimentos intervencionistas.....	29
2.6.1 Reações Teciduais.....	29
2.6.2 Riscos da exposição ocupacional.....	31
2.7 Princípios de proteção radiológica.....	34
2.7.1 Justificação.....	35
2.7.2 Otimização.....	36
2.7.3 Limitação de dose.....	37
3. CASUÍSTICA, MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.1 Casuística.....	39
3.2 Materiais.....	40
3.2.1 Equipamento Radiológico.....	40
3.2.2 Sistemas de detecção da radiação.....	41
3.2.3 Filme Radiocrômico.....	42
3.3 Metodologia.....	43
3.3.1 Dosimetria ocupacional.....	44
3.3.2 Dose máxima na entrada da pele.....	48
4 RESULTADOS.....	51
5 DISCUSSÃO.....	59
6 CONCLUSÕES.....	66
7 ANEXOS.....	1
8 REFERÊNCIAS.....	4
Abstract	
Apêndice	
Glossário	
Bibliografia Consultada	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	(A) Componentes do Intensificador de imagem; (B) Ilustração da conversão de raios X em luz visível no Intensificador de imagem.....	20
Figura 2	Modelo do detector Flat panel de conversão direta (a) e indireta (b). Figura extraída da publicação Diagnostic radiology physics: a handbook for teachers and students.....	21
Figura 3	Localização do ponto de referência intervencionista que encontra-se a 15cm abaixo do isocentro.....	23
Figura 4	Alopécia em região occipital após embolização.....	31
Figura 5	Arco C modelo Philips Integris com intensificador de imagem.....	40
Figura 6	InstadoseTM dosímetro ativo de leitura direta.....	42
Figura 7	Filme Radiocrômico após ser utilizado em procedimento de neuroradiologia.....	43
Figura 8	Painel do comando com dados de número de imagens por aquisição, Fluoro dose, Exp. dose e Total dose.....	44
Figura 9	Tela de Software da plataforma de dados da Mirion (coleta de dados) que apresentam a leitura de doses.....	45
Figura 10	Localização dos dosímetros InstadoseTM (D1, D2 e D3) para coleta de dose ocupacionais no médico ocupacionalmente exposto.....	46
Figura 11	Dosímetro instadose (D4), posicionado no arco C em um ponto fixo.....	46
Figura 12	Anteparo de vidro plumbífero suspenso e saíote plumbífero fixado na mesa de exame.....	47
Figura 13	Filme radiocrômico após procedimento de embolização.....	48
Figura 14	Suporte de Crânio com filme Radiocrômico, utilizado nos procedimentos terapêuticos do grupo 1.....	49
Figura 15	Posicionamento do filme Radiocrômico nos procedimentos de Quimioembolização Hepática, referente ao grupo 2.....	49
Figura 16	Curva de calibração do filme radiocrômico (Gafchromic).....	53
Figura 17	Relação entre a dose total nos procedimentos terapêuticos. (n=28).....	54
Figura 18	Relação entre a dose total no filme radiocrômicos e o tempo de exposição total nos procedimentos terapêuticos. (n = 24).....	55
Figura 19	São apresentados os dados ocupacionais e arco C, nos procedimentos do grupo 1 e 2	57
Figura 20	Doses ocupacionais (mSv) por região avaliadas durante os procedimentos terapêuticos.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Limiares para ocorrência de efeitos determinados.....	29
Tabela 2	Número de procedimentos terapêuticos referente ao grupo 1 (Aneurisma / MAV) e o grupo 2 (Quimioembolização Hepática / Embolização de mioma) e sua distribuição em termos do gênero dos pacientes.....	39
Tabela 3	Protocolos referentes aos procedimentos de embolização categorizados em grupos 1 e 2.....	51
Tabela 4	Valores do produto kerma-área (KAP) obtidos nos procedimentos de embolização referentes aos grupos 1 e 2.....	52
Tabela 5	Valores referentes as condições técnica-operacionais utilizados nos procedimentos de embolização, referentes aos grupos 1 e 2.....	52
Tabela 6	Apresenta os dados coletados nos filmes radiocrômicos no procedimentos de Neuro e Quimioembolização hepática.....	53
Tabela 7	Dose ocupacionais e de Controle (Arco C) obtidos com uso dos dosímetros Instadose nos procedimentos do grupo 1.....	56
Tabela 8	Doses ocupacionais e de Controle (Arco C) obtidos com uso dos dosímetros Instadose nos procedimentos do grupo 2.....	56
Tabela 9	Relação entre as doses ocupacionais obtidas na órbita, tórax e tornozelo dos médicos e as doses de Controle avaliadas utilizando os dosímetros ativos (Instadose).....	58
Tabela 10	Resultados de dose máxima na pele dos pacientes segundo projeto da IAEA.....	61
Tabela 11	Resultados da pesquisa que descrevem a correlação (R^2) entre PSD, KAP e Tempo de exposição.....	62
Tabela 12	Dose equivalente no médico em diferentes regiões monitoradas durante os procedimentos intervencionistas.....	64
Quadro 1	Normas Cnen-NN-3.01 /Limites de dose anuais.....	38
Quadro 2	Características técnicas do angiógrafo Integrís V5000.....	41
Quadro 3	Ficha de coleta de dados dos procedimentos.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AEC	Controle automático de exposição
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AVEH	Acidente Vascular Encefálico Hemorrágico
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CsI	Iodeto de cério
DAP	Dose área produto
DFI	Distância Foco-Intensificador
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FOV	Campo Visual
HBV	Vírus Hepatite B
HCC	Carcinoma Hepato Celular
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>
ICRP	<i>International Commission on Radiological Protection</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
II	Intensificador de Imagem
IRP	Ponto de Referência Intervencionista
KAP	<i>Kerma-area product</i>
kV	Quilovolt
mA	Miliampère
MAV	Malformação Vascular
OSLD	<i>Optically Stimulated Luminescence Dosimetry</i>
PSD	<i>Peak Skin Dose</i>
RPOP	Radiation Protection of Patients
SIRT	<i>Select Internal Radiation Therapy</i>
T (t)	Tempo
TLD	<i>Thermoluminescence Dosimetry</i>

RESUMO

Objetivo: Estimar as doses durante exposição ocupacional em procedimentos de embolização, bem como as doses máximas na pele dos pacientes, nos procedimentos de embolização neurológicas, hepáticas e uterinas. **Métodos:** Foram avaliadas 92 procedimentos, nos quais 30 pacientes foram submetidos à embolização cerebral, sendo outros 50 pacientes à quimioembolização e 12 à embolização de mioma uterino. Em 28 deles foram utilizados filmes radiocrômicos, em torno da cabeça, denominado grupo 1 e na região do abdome/pelve, denominado grupo 2, para fins de estimar a dose máxima na pele (PSD). Os valores de tempo total de exposição, número de imagens e valores dos produtos kerma-área (DAP em Gy.cm²) para fluoroscopia e cineradiografia foram registrados para cada procedimento. As doses ocupacionais na equipe de médicos foram medidas na região temporal esquerda, tórax anterior/posterior e tornozelo esquerdo usando dosímetros ativos. Um dosímetro denominado "Controle" foi fixado no centro do Arco C. As doses na equipe de enfermagem foram avaliadas nas regiões anterior e posterior do tórax. **Resultados:** Os valores do 3ºquartil (mediana) para KAP considerando os pacientes submetidos às embolizações dos grupos 1 e 2, foram 408,1(235,3) Gy.cm² e 584,4(449,4) Gy.cm² para a dose total. O tempo total de exposição foi de 36,1(24,8) min para o grupo 1 e 34,5(32,5) min para o grupo 2 e o número de imagens obtidas no modo cine variou de 87 a 1179 imagens entre os grupos. Os valores de 3ºquartil (mediana) para doses ocupacionais nos grupos 1 e 2, foram 0,35(0,21) mSv (região olhos), 0,25(0,15) mSv (tórax) e 1,47(0,64) mSv (tornozelo). Para a equipe de enfermagem as doses ocupacionais foram 0,06(0,05) mSv para a região torácica anterior. As doses para a região torácica posterior não superaram os níveis de radiação natural. O valor de PSD obtido nos procedimentos vasculares foi 1004,4 (786,4) mGy entre os grupos 1 e 2. **Conclusões:** As doses ocupacionais na região dos olhos foram maiores quando comparadas com a torácica, demonstrando a importância do uso do óculos plumbífero e do escudo protetor suspenso. Os valores obtidos na região do tornozelo foram as mais altas, sugerindo a necessidade de se utilizar o saíote plumbífero fixado na mesa. As doses ocupacionais na equipe médica (3ºquartil) medidas nas regiões do tórax e olhos, considerando o grupo que recebeu maior dose, sugerem que o limite de dose ocupacional pode ser ultrapassado ao realizar mais do que 15 procedimentos semanais mesmo com a utilização das vestimentas de proteção. As doses para equipe de enfermagem alcançaram valores equivalentes a 30% das doses recebidas pela equipe médica. Os valores PSD foram inferiores ao limiar para reações teciduais quando comparados com os referidos na literatura, porém os riscos não devem ser desprezados considerando as incertezas relativas ao número de casos e a alta complexidade dos procedimentos.

1 INTRODUÇÃO

Intervenções guiadas por fluoroscopia tornaram-se comuns na década de 1980 com os tratamentos de angioplastia. Nos últimos anos essa técnica vem sendo utilizada em diversas especialidades, tais como: Cardiologia, Vascular e Neuroradiologia.

A radiologia intervencionista vem se expandido visivelmente por meio de recursos tecnológicos avançados, propiciando o diagnóstico e a terapêutica de inúmeras doenças com riscos de morte do paciente muito menores se comparados aos de alguns anos atrás ^(1, 2).

Novos equipamentos radiológicos digitais para estudos angiográficos permitem visualizar vasos sanguíneos dos pacientes sem sobreposição óssea, devido à possibilidade de subtração digital, oferecendo a oportunidade ao médico intervencionista de estudar estes vasos com melhor resolução e com um mínimo de artefatos. Tais procedimentos são considerados padrão na rotina assistencial ⁽²⁻⁶⁾.

Procedimentos intervencionistas terapêuticos ou de diagnósticos contribuem para a diminuição da morbidade e mortalidade, reduzindo custos e tempo de internação hospitalar ⁽⁷⁾.

Cirurgias invasivas e demoradas com sucesso incerto foram substituídas por procedimentos percutâneos e minimamente invasivos, realizados em salas de radiologia e muitas vezes de forma ambulatorial, dispensando incisões cutâneas e até mesmo, anestesia geral ^(8, 9).

Nestes procedimentos os pacientes e as equipes médicas estão submetidos, a depender da complexidade do caso clínico, a níveis elevados de doses de radiação pelo uso de fluoroscopia / cinefluoroscopia, o que torna relevante a otimização da proteção radiológica ^(2, 10, 11).

Estudos mostram que procedimentos mais complexos requerem doses e tempo de fluoroscopia elevados que podem resultar em danos na pele para o paciente. Doses acima do limiar dos efeitos determinísticos ou que provoquem reações teciduais, como atualmente denominadas, são relatadas na literatura científica nos procedimentos de embolizações ⁽¹²⁻¹⁴⁾.

Além disso, quando os procedimentos intervencionistas são prolongados por razões clínicas, entre elas: condições do paciente, tipo e tamanho da lesão e anatomia do vaso, há possibilidade de um aumento da dose tanto para o paciente quanto para a equipe multidisciplinar. Sendo assim, uma avaliação dosimétrica torna-se essencial para estimar as doses e otimizar a proteção para pacientes e operadores ⁽¹²⁾. Há estudos que relatam altas doses de radiação registradas na equipe médica ^(15, 16).

Há diversos relatos de lesões de pele, após os procedimentos radiológicos intervencionistas, devido à exposição aguda do paciente, demonstrando que existe risco nesses procedimentos ^(17, 18). Os resultados deste estudo podem promover ações de gerenciamento das doses ocupacionais e das doses recebidas pelo paciente.

1.1 Objetivos

1.1.2 Objetivo:

Conhecer as doses ocupacionais e as doses recebidas na pele dos pacientes submetidos a alguns procedimentos terapêuticos intervencionista.

1.1.3 Objetivos específicos:

Determinar a dose efetiva na região do tórax dos profissionais da equipe médica nos procedimentos de embolização, isto é, médicos e equipe de enfermagem.

Determinar as doses equivalentes na região do olho esquerdo e do tornozelo esquerdo dos médicos nos procedimentos de embolização.

Estimar a dose máxima na superfície da pele dos pacientes, durante os procedimentos de embolizações neurológicas e de quimioembolização hepática.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Procedimentos de diagnóstico como as angiografias referem-se à visualização das estruturas vasculares após injeção de contraste iodado para diagnóstico de doenças, tais como: aterosclerose, aneurismas, estenoses, dissecções e malformação arteriovenosa. Esta técnica baseia-se na punção ou dissecção de um vaso, passando um fio guia, por onde é introduzido um cateter, que será posicionado no local a ser estudado ou tratado ⁽¹⁹⁾. Nesses casos, o método diagnóstico é indispensável para definir se há indicação clínica, cirúrgica ou de procedimentos minimamente invasivos denominados embolizações.

Com relação às embolizações, elas consistem em obstruir um vaso que apresenta anomalia, com fluxo sanguíneo anormal, introduzindo um cateter com um fio guia na artéria femoral, braquial ou radial do paciente, orientado por fluoroscopia. Por meio do cateter e do seu posicionamento é injetado o êmbolo líquido ocluindo e tratando a doença. O sucesso clínico dessa técnica depende da aquisição de imagens angiográficas de alta qualidade por meio de cinefluororadiografia. Estes procedimentos têm sido frequentemente utilizados para tratamento de doenças cardiovasculares que acometem adultos e crianças ⁽²⁰⁾. Abordaremos a seguir os diferentes tipos de embolizações estudadas neste trabalho.

2.1 Terapias

2.1.1 Terapias intervencionistas em Carcinoma hepatocelular (HCC)

O HCC é o quinto câncer mais comum entre os diagnosticados na população adulta, cujos fatores de risco incluem infecção por vírus hepatite B (HBV), doença hepática alcoólica e não alcoólica, e doença do fígado gorduroso. Durante a quimioembolização hepática o fluxo sanguíneo do tumor é bloqueado com microsferas de resina que são carregadas com quimioterápico, permitindo a presença prolongada da droga no tumor. ^(21, 22)

Outra técnica conhecida como braquiterapia intra-hepática, ou *Select internal radiation therapy* (SIRT), utiliza microesferas radioativas e requer um tempo longo de exposição à radiação ionizante, dependendo da complexidade da anatomia arterial e número de vasos envolvidos ^(12, 23).

2.1.2 Terapia intervencionista em mioma uterino

Estudos demonstram que o mioma uterino (Leiomiomas/Fibromas) é um tumor benigno que se desenvolve de forma sintomática em um terço das mulheres e é causa frequente de histerectomia. Alguns fatores predisponentes foram identificados, incluindo a idade, a etnia, a nuliparidade e a obesidade. ^(24, 25)

Mulheres em idade reprodutiva e com infertilidade podem se beneficiar da embolização da artéria uterina guiado por fluoroscopia, evitando uma possível histerectomia. Dependendo da anatomia arterial e ramos envolvidos, o tempo de exposição à radiação pode ser prolongado e neste caso devemos dar atenção à estimativa de dose recebida por essas pacientes. ^(26, 27)

2.1.3 Terapia intervencionista em malformações vasculares (MAV) e aneurisma

As MAVs e aneurismas cerebrais são doenças frequentemente tratadas por embolizações guiadas por fluoroscopia. O fluxo anormal sanguíneo pode ser tratado utilizando êmbolos líquidos ou micromolas para corrigir a irregularidade da parede ou ausência dos capilares, controlando o fluxo e a pressão sanguínea. ⁽²⁸⁻³⁰⁾

O aneurisma é uma dilatação que ocorre nas artérias cerebrais enfraquecidas. Com o aumento da pressão sanguínea, as paredes dos vasos podem se romper, provocando uma hemorragia potencialmente mortal, denominada também como acidente vascular encefálico hemorrágico (AVEH). ^(31, 32)

As malformações vasculares (MAV) são defeitos congênitos do sistema circulatório por ausência de capilares, que são decorrentes do desenvolvimento anômalo entre a artéria e a veia. ⁽²⁸⁻³⁰⁾

Existem diversos equipamentos radiológicos que possibilitam utilizar a fluoroscopia para estudo dos vasos sanguíneos ou vísceras em tempo real com auxílio de agente de contraste, tais como: Arcos cirúrgicos, Telecomandados e Angiógrafos. Esses últimos permitem realizar exames diagnósticos das artérias e veias, conhecidos como angiografias, bem como procedimentos terapêuticos minimamente invasivos. A seguir apresentaremos algumas características desse equipamento.

2.2 Equipamentos Angiográficos

Esse equipamento possui um tubo de raios X normalmente posicionado sob a mesa de exame e sistema de aquisição da imagem do lado oposto.

A tensão do tubo (kV) é responsável pelo poder de penetração dos raios X e tem um efeito sobre a dose absorvida nos tecidos do paciente, Isto é, quando aumentada há redução da exposição na pele do paciente. ⁽³³⁾

A corrente elétrica (mA) no tubo de raios X é dependente do número de elétrons gerados no filamento inserido na capa focalizadora, denominado região do catodo do tubo, isto é, a corrente do tubo é dependente da corrente do filamento⁽³³⁾. O produto da corrente pelo tempo (mAs) é determinante para o controle da intensidade da radiação produzida.

O tempo total (t) indica o tempo de exposição ou o período que a fluoroscopia é utilizada durante um processo de intervenção diagnóstico e/ou terapêutico. É uma importante ferramenta para o controle da exposição dos pacientes. ⁽³³⁾ A melhor prática é usar o menor tempo de fluoroscopia e isto pode ser uma boa prática quando a equipe médica está ciente e atenta ao tempo acumulado de exposição. Lembremos que a utilização de fluoroscopia pulsada com baixa taxa de pulso, colabora para a redução significativa da dose absorvida. ⁽³³⁾

Outro fator relevante que auxilia otimizar a dose é o Controle de Exposição Automático (AEC), sendo um dispositivo que ajusta automaticamente os fatores técnicos radiográficos, em geral tensão (kV) e produto corrente tempo (mAs), para fornecer uma intensidade de sinal constante no receptor de imagem em resposta às

diferentes espessuras dos pacientes, energia dos raios X, distância do foco-receptor, entre outros fatores. ⁽³³⁾ É muito importante que o AEC seja apropriadamente calibrado para se obter uma relação entre dose e qualidade da imagem aceitável.

Os sistemas receptores de imagens podem ser do tipo Intensificador de imagem (II) e detectores planos.

O II é um dispositivo eletrônico que recebe o feixe de raios X transmitido pelo paciente. Os raios X interagem com a tela de entrada de iodeto de cério (CsI) e essa energia converte-se em luz visível. O fotocátodo que é uma fina camada de metal (césio/antimônio) que está unido aos fósforos de entrada, capta a luz e a converte em emissão de elétrons (fotoemissão) que são acelerados em direção à tela de saída e os convertem em imagem visível de alta intensidade que é captado por um sistema óptico, demonstrado na figura 1. ⁽³³⁾

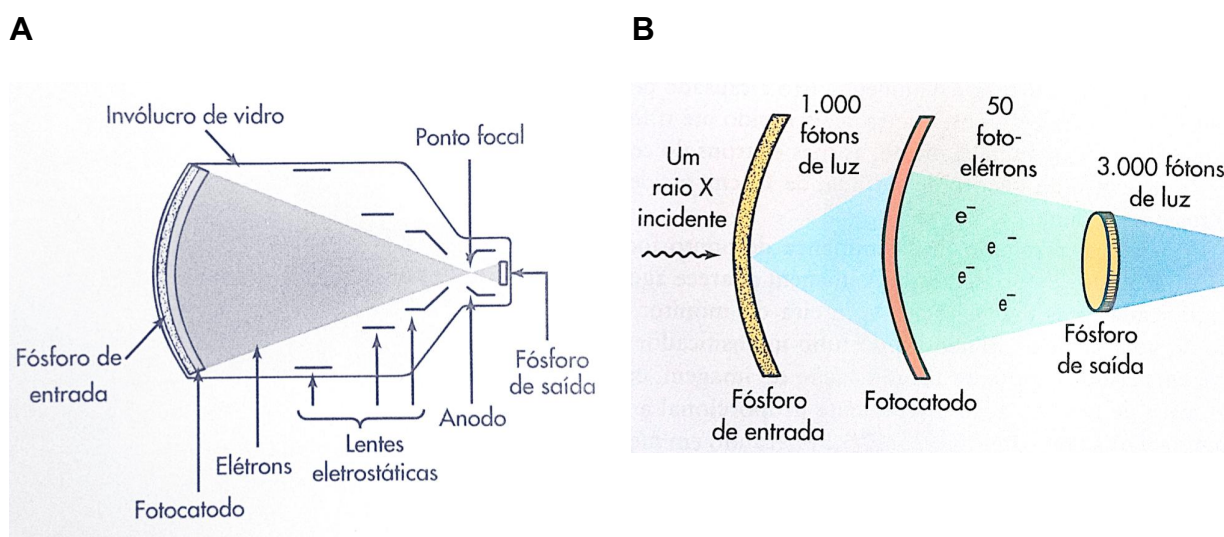


Figura 1: (A) Componentes do Intensificador de imagem; (B) Ilustração da conversão de raios X em luz visível no Intensificador de imagem (Bushong, 2011).

Atualmente os angiógrafos dispõem de detectores planos para aquisição de imagens conhecidos por *Flat panel* que oferecem algumas vantagens relacionadas à qualidade das imagens, como: menor distorção, melhor relação entre contraste e ruído, grande faixa dinâmica e alta sensibilidade aos raios X ⁽³³⁾ .

Nestes detectores há uma distinção entre receptores de imagem que

incorporam um fotocondutor para produzir cargas elétricas na detecção de raios X (conversão direta) e aqueles que usam uma substância fluorescente para produzir fótons de comprimentos de onda visíveis na detecção de raios X (conversão indireta)⁽³³⁾.

Na conversão direta, um fotocondutor está diretamente acoplado ao conjunto de matriz ativa. A carga libertada no volume do fotocondutor é recolhida por um campo aplicado, que traz os elétrons para os seus respectivos eletrodos ⁽³³⁾.

O detector digital *Flat panel* do tipo indireto está baseado em arranjos de fotodiodos de silício amorfo e finos transistores (TFT), em combinação com cintiladores de Csl. Assim, o cintilador é usado para converter a energia do feixe de raios X incidente em luz que irá atingir o detector (TFT). Esse sistema traz uma melhoria na eficiência quântica de detecção em comparação com os intensificadores de imagem. Na figura 2, são apresentados o modelo *flat panel* de conversão direta e indireta ⁽³³⁾.

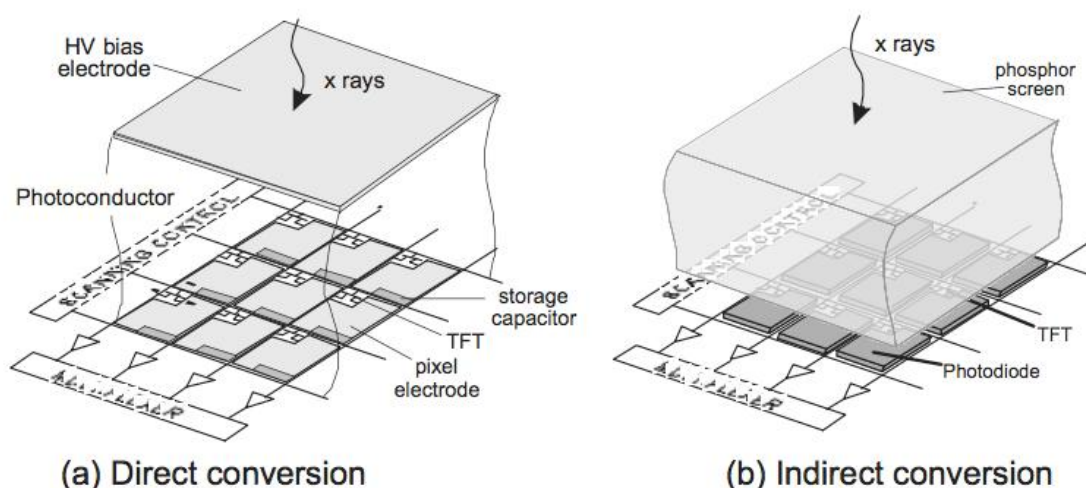


Figura 2: Modelo do detector *Flat panel* de conversão direta (a) e indireta (b). Figura extraída da publicação Diagnostic radiology physics: a handbook for teachers and students. IAEA, 2014 ⁽³³⁾.

O comando dos angiógrafos apresenta indicadores geométricos e dosimétricos, além das condições técnica-operacionais que trataremos a seguir.

2.3 Indicadores Geométricos

2.3.1 Isocentro

O sistema de fluoroscopia arco-C consiste de um tubo de raios-X e receptor de imagem acoplado mecanicamente. Tais sistemas geralmente têm dois graus de liberdade rotacionais (esquerda-direita e crânio-caudal). A maioria desses sistemas têm um centro identificável de rotação chamado de isocentro. O objeto de estudo que é colocado no isocentro permanece centrado no feixe, mesmo quando o Arco-C é rotacionado em suas diversas direções ⁽³³⁾.

2.3.2 Angulação / rotação do arco

As angulações e rotações do arco-C em relação ao paciente registram movimentos cranial, caudal, lateral direito e esquerdo selecionados dinamicamente pelo médico intervencionista para análise das imagens em vários planos. Entretanto, as angulações e rotações podem aumentar a espessura percorrida pela radiação incidente/ transmitida aumentando a dose no paciente ⁽³³⁾.

2.3.3 Distância foco intensificador (DFI)

Distância entre o ponto focal do tubo de raios X e a tela de entrada do II ou Flat panel. Essa distância é selecionada dinamicamente pelo médico intervencionista, buscando adequar a qualidade das imagens. Em geral, é apresentada no monitor do equipamento instalado na sala de exames.

A distância mínima do foco à tela de entrada do intensificador (DFI) recomendada é de 100 cm. Sempre que possível deve ser reduzida a distância entre o paciente e o receptor de imagem (tela de entrada), buscando minimizar a dose de radiação no paciente, conforme recomendações da IAEA / Radiation Protection of

Patients (RPOP).

2.3.4 Tamanho do campo

O Campo visual (Field of view - FOV) é controlado pelo sistema gerador e é responsável pela seleção da área na tela de entrada do receptor de imagem. A minimização do campo selecionado produz uma magnificação da imagem e por consequência um aumento de dose ⁽³³⁾. É recomendado evitar o uso da ampliação.

2.3.5 Ponto de referência intervencionista (IRP)

O ponto de referência intervencionista se encontra a 15 cm abaixo do isocentro do equipamento de raios X, isto é, no sentido do foco de raios X, que se supõe próximo à superfície de entrada da pele, conforme apresentado na figura 3.

Tal conceito pode estimar a dose acumulada na pele, quando o feixe de raios X atingir uma área fixa na pele sem nenhum tipo de angulação ^(33, 34). Alguns equipamentos apresentam este valor no monitor instalado na sala de exames.

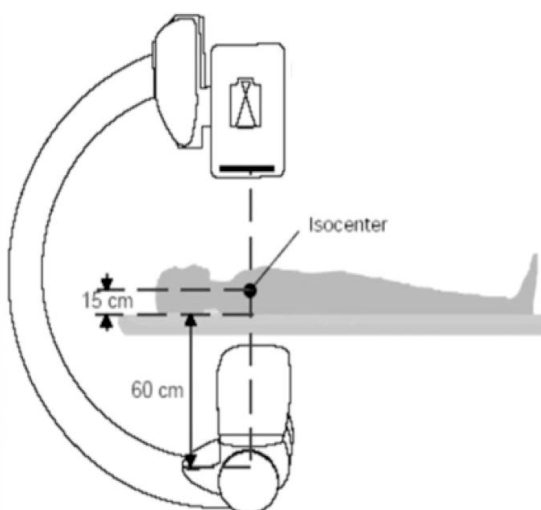


Figura 3: Localização do ponto de referência intervencionista que se encontra a 15cm abaixo do isocentro.

2.4 Indicadores Dosimétricos

Existem medidas dosimétricas que podem ser usadas para estimar as doses recebidas pelo paciente durante o procedimento intervencionista. Estas doses podem ser apresentadas no monitor instalado na sala de exames acoplado ao painel de controle do equipamento ou ainda podem ser avaliadas com diversos dispositivos dosimétricos. ⁽³³⁾

Os indicadores dosimétricos mais utilizados serão descritos a seguir:

2.4.1 Dose acumulada

É um valor de dose total estimada no ponto de referência, também conhecido por kerma ar de referência, que indica a possibilidade de ocorrer reações teciduais que são aquelas para as quais existem um limiar de dose para sua ocorrência e cuja gravidade aumenta com a dose ⁽³³⁾.

2.4.2 Dose máxima na pele (PSD - *Peak Skin Dose*)

Essas doses não são apresentadas no painel de controle do equipamento, porém podem ser estimadas por diferentes sistemas de detecção, a fim de indicar a dose máxima em uma região da pele como meio de prevenir reações teciduais. A PSD pode ser medida utilizando dosímetros termoluminescentes ou filmes radiocrômicos avaliado pelo seu grau de enegrecimento ⁽³³⁾.

2.4.3 Produto do kerma pela área (KAP – *kerma-area product*)

Os valores de KAP, também conhecidos por *dose-area product* (DAP) indicam a probabilidade do risco de Efeitos Estocásticos que são aqueles para os quais não

existe um limiar de dose para sua ocorrência e cuja probabilidade de ocorrência é uma função da dose. A gravidade destes efeitos é independente da dose. Também é uma medida que analisa toda a quantidade de energia fornecida ao paciente pelo feixe e normalmente é mensurado por uma câmara de ionização que está montada na saída do colimador de raios X. Alguns equipamentos com fluoroscopia estimam o valor de KAP usando as configurações do gerador e do colimador. O *International Electrotechnical Commission (IEC)* recentemente padronizou a unidade de medida em Gy.cm^2 ⁽³³⁾.

2.5 Proteção Radiológica

2.5.1 Dosimetria das Radiações

A medida de dose em pacientes é importante e seus valores podem representar um indicativo da qualidade da prática médica. Permite obter estimativas de riscos e são úteis no processo de justificação e otimização da proteção radiológica. Além disso, permitem investigar exposições acidentais ⁽³³⁾.

A seguir seguem algumas das principais grandezas utilizadas para avaliação das doses e dos riscos inerentes as praticas intervencionistas.

O *kerma* (**k**inetic **e**nergy **r**elased per unit of **m**ass) é um grandeza definida por $k = dE_{tr}/dm$, onde dE_{tr} é a energia cinética inicial de todas partículas carregadas liberadas por partículas ionizantes não carregadas em um material de massa dm . A unidade no sistema internacional (SI) é o joule por quilograma, com denominação especial de gray (Gy). É comumente utilizada nas estimativas de dose no ar no ponto geométrico referente à entrada da pele e em testes de desempenho dos equipamentos radiológicos.

Dose absorvida é uma medida de energia depositada no meio por radiação ionizante e é igual à energia por unidade de massa do meio. A unidade no SI é J/kg ou Gray (Gy), onde $1\text{Gy} = 1 \text{ J/kg}$. Esta grandeza não é um bom indicador do provável efeito biológico, pois esse efeito é dependente das características da radiação e de sua interação no meio. Fatores de ponderação apropriados que

consideram o tipo de radiação e energia, podem ser aplicados à dose absorvida para refletir a eficácia biológica da radiação.

Dose equivalente (H_T) permite relacionar os vários efeitos biológicos de vários tipos de radiação. Sua unidade é o Sievert (Sv). É calculado multiplicando a dose absorvida pelo tecido ou órgão em questão pelo fator de ponderação da radiação. Na prática é utilizada como indicativo do dano para um determinado órgão por meio de limites ocupacionais de dose.

O risco de efeitos estocásticos, devido à exposição à radiação para uma população, pode ser quantificada utilizando a dose efetiva, que é uma média ponderada da dose equivalente para cada órgão dependendo da sua radiosensibilidade. Para tal, são considerados os fatores de ponderação dos tecidos.

A dose efetiva é utilizada para comparar o risco estocástico da exposição não uniforme à radiação. Os tecidos do corpo reagem de forma diferente à radiação e a indução do câncer ocorre sobre diferentes taxas de dose nos diferentes tecidos. Então, a dose efetiva é calculada multiplicando a dose equivalente (H_T) em cada órgão por um fator de ponderação do tecido (W_T) irradiado. No SI a unidade de dose efetiva é o joule por quilograma, denominada Sievert (Sv). Os fatores de ponderação dos tecidos, W_T , são apresentados na publicação nº 60 da ICRP (1991) e nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear. ⁽³⁵⁾

2.5.2 Detectores de Radiação

São importantes para registrar a presença de radiação e quantificá-las quando presentes no meio. Em geral, podemos dizer que os detectores de radiação são transdutores que captam a energia da radiação e a convertem em um sinal que pode ser mensurado. O aumento da temperatura em decorrência da energia depositada no material, a mudança de cor do material, a produção de sinal elétrico são meios de quantificar a passagem da radiação. É muito importante existir uma relação única entre o sinal medido e a grandeza gerada produzida pela radiação.

O estudo dos detectores estão ligados à compreensão das interações que

ocorrem no elemento sensível à radiação que compõe o detector. De acordo com relatos de Padovani e Quai existem três razões para uso da dosimetria em radiologia intervencionista: evitar as reações teciduais, garantir a qualidade do equipamento radiológico e estimar os riscos de efeitos estocásticos ⁽³⁶⁾.

O detector classifica-se como apropriado quando ele apresenta algumas características em suas medições e quando ele se adequa à medição do mensurando. Tais características são:

- *Repetibilidade*, definida pelo grau de concordância dos resultados obtidos sob as mesmas condições de medição;
- *Reprodutibilidade*, grau de concordância dos resultados obtidos em diferentes condições de medição;
- *Estabilidade*, aptidão do instrumento conservar constantes suas características de medição ao longo do tempo;
- *Exatidão*, grau de concordância dos resultados com o “valor verdadeiro” ou “valor de referência” a ser determinado;
- *Precisão*, grau de concordância dos resultados entre si, normalmente expresso pelo desvio padrão em relação à média;
- *Sensibilidade*, razão entre a variação da resposta de um instrumento e a correspondente variação do estímulo; que depende da fluência da radiação;
- *Eficiência*, capacidade de converter em sinais de medição os estímulos recebidos que depende do tipo de energia da radiação;

Os fatores que definem a escolha de detectores são: tipo da radiação, intervalo de tempo de interesse, precisão, exatidão, resolução, condições de trabalho do detector, tipo de informação desejada, características operacionais e custo. Os detectores necessitam obedecer a certos requisitos, para serem padronizados para o uso em proteção radiológica e em metrologia das radiações ionizantes.

O dosímetro é um detector / monitor de radiação construído para medir as radiações segundo algumas propriedades com finalidades específicas: monitoração

individual, de área e ambiental. Os monitores individuais mais utilizados para fins ocupacionais são os dosímetros baseados na termoluminescência (*thermoluminescence dosimetry* - TLD), dosímetros baseados em luminescência opticamente estimulada (*optically stimulated luminescence dosimetry* - OSL), bem como dosímetros eletrônicos com detectores de silício ou a gás, esse último utilizando microcâmaras de ionização. No Brasil, detectores baseados na termoluminescência e luminescência opticamente estimulada são padrões para controle das doses ocupacionais. Detectores eletrônicos ou ativos já são uma realidade para o controle das doses ocupacionais, podendo ser para monitoração individual ou coletiva.

Buscando estimar a dose na entrada da pele do paciente, alguns angiógrafos utilizam câmaras de ionização do tipo transmissão na saída do feixe de raios X. Essas câmaras de ionização foram propostas e testadas para os procedimentos de radiointervenção ^(12, 37-39). Fornecem informações úteis para um controle dos níveis de dose recebida pelos pacientes nos procedimentos para fins de otimização das práticas. São também utilizadas para estimativa das doses na superfície da pele.

Para estimar a dose na entrada da pele do paciente na radiologia intervencionista é comum se utilizar dosímetros do tipo TLD, OSL e filme radiocrômico (GAFCHROMIC XR-RV3). ⁽⁴⁰⁾

A dosimetria por meio de TLDs é praticável por se tratar de fácil colocação na pele do paciente, porém apresenta desvantagem na avaliação da dose máxima em uma região da pele por tratar-se de dosímetros pontuais. Na avaliação da PSD em procedimentos intervencionistas as posições previamente escolhidas para posicionamento dos TLDs nem sempre coincidem com a região mais irradiada e a distribuição da dose na pele pode não ser registrada de forma total. ⁽⁴¹⁾

O filme radiocrômico não interfere com a prática clínica e nem tampouco na imagem radiológica e possibilita identificar a distribuição da dose nas diferentes regiões da pele irradiada. Garante informações rápidas, é fácil de posicionar no paciente e, além disso, é insensível à luz visível, tornando mais fácil sua manipulação ⁽⁴⁰⁾.

2.6 Danos produzidos pela radiação em procedimentos intervencionistas.

2.6.1 Reações Teciduais

Diversos estudos em radiologia intervencionista têm sido apresentados contendo relatos sobre dose absorvida medida na pele dos pacientes ⁽⁴²⁻⁴⁵⁾. Entre esses, estudos de embolização cerebral com dose máxima estimada na pele de até 5,4 Gy. Este estudo demonstra uma grande variação de dose entre diferentes hospitais, no mesmo hospital e para procedimentos semelhantes associados a procedimentos neurológicos terapêuticos. ⁽⁴⁶⁾

Alterações visíveis na pele puderam ser observadas cerca de 1 mês após o procedimento. O grau de lesão dos tecidos subcutâneos aumenta com a dose e tratamento específicos podem ser necessários quando a dose for superior a 10 Gy. Pele exposta a uma dose mais elevada (3-5 Gy) frequentemente parece normal, mas reage de forma anormal quando a exposição é repetida. ⁽⁴⁷⁾

A IAEA recomenda que as doses na entrada da pele do paciente devem ser mantidas abaixo de 2 Gy para evitar reações teciduais, tais como eritema, alopecia e necrose. Na tabela 1, seguem os limiares para ocorrência de reações teciduais. ^(33, 48)

Tabela 1: Limiares para ocorrência de efeitos determinísticos

Efeito	Limiar aproximado de dose [Gy]	Tempo de aparição do efeito	Minutos de fluoroscopia para uma taxa de alta dose de 200 mGy/min
Eritema imediato transiente	2	2-24 horas	10
Depilação temporária	3	Aproximadamente 3 semanas	15
Depilação permanente	7	Aproximadamente 3 semanas	35
Escamação seca	14	Aproximadamente 4 semanas	70
Escamação úmida	18	Aproximadamente 4 semanas	90
Ulceração secundária	24	> 6 semanas	120
Necrose dérmica isquêmica	18	> 10 semanas	90
Necrose dérmica	> 12	> 52 semanas	75

*ICRP/ Publication 85

Alopécia induzida por radiação é um tipo de radiodermite aguda, sendo uma complicação frequente descrita em procedimentos de neuroradiologia. ⁽⁵⁾

Um estudo de caso de uma mulher de 29 anos, diagnosticada com aneurisma de carótida, submetida à embolização em dois momentos, separados em um intervalo de três meses, constatou alopecia duas semanas após a embolização inicial. O exame físico revelou uma mancha 13 x 10 cm² e perda de cabelo quase total na região occipital ^(18, 49).

Foram relatados 18 casos de pacientes no Departamento do Hospital Universitário de Strasbourg - França, submetidos à embolização cerebral de malformação arteriovenosa com queda de cabelo que ocorreu entre duas e quatro semanas após o tratamento ⁽⁵⁾.

Pesquisadores relatam o caso de uma mulher indiana, 47 anos de idade, com alopecia em região occipital após procedimento de embolização e diagnóstico de aneurisma cerebral. Após 2 semanas o cabelo voltou a crescer ⁽¹⁸⁾.

Outro caso de alopecia temporária aconteceu com um homem de 33 anos, com início da queda de cabelo na região temporo-parietal direita e occipital após 4 dias do último procedimento de embolização de malformação arteriovenosa ⁽⁵⁰⁾.

Outros seis pacientes, sendo 2 mulheres e 4 homens, com idade entre 27 e 47 anos de idade, foram observadas com placa solitária de alopecia. Em todos os casos, as placas surgiram duas semanas depois de um procedimento de embolização ⁽⁴⁹⁾.

Há relato de dois casos de pacientes que tiveram alopecia, após tratamento de malformações arteriovenosas por embolização, sob uso de fluoroscopia ⁽⁴⁴⁾.

Estudo demonstrou que 10% dos pacientes submetidos a procedimentos intervencionistas neurológicos tiveram alopecia temporária ou a longo prazo ^(51, 52).

Foi detectado em um paciente submetido a tratamento de embolização de malformação arteriovenosa (MAV), alopecia na região occipital da cabeça, com 5cm x 5cm, após 2 exames de diagnóstico e 2 terapêuticos. O tempo total de fluoroscopia foi aproximadamente 150-200 minutos e a dose absorvida foi estimada em 4Gy. O cabelo voltou a crescer após 2 meses do último procedimento, conforme figura 4 ⁽⁵³⁾.



Figura 4: Alopécia em região occipital após procedimento de embolização (Podlipnik S,2013)⁽⁵³⁾

Estudos em cardiologia intervencionista em quatro países (Bósnia e Herzegovina, Croácia, Montenegro e Sérvia), realizados em 9 hospitais, foram efetuados como parte do projeto da Agência Internacional de Energia Atômica (RER/9/093). As doses dos 775 pacientes foram avaliadas em termos de produto kerma ar área (KAP). Os resultados obtidos mostraram que em cinco centros os valores de KAP eram maiores que 200 Gy cm^2 , indicando risco de lesão na pele. Os resultados indicaram a necessidade de otimização e monitoramento da dose em complexas intervenções guiadas por fluoroscopia.⁽⁵⁴⁾

Uma grande série de dados de doses de radiação em pacientes foi coletada em sete centros médicos nos Estados Unidos da América, projeto RAD-IR, com 2142 casos de uma variedade de procedimentos, buscando formar uma base para níveis de referência; porém, estes dados foram insuficientes para estabelecer níveis de referência devido à complexidade dos procedimentos⁽⁵⁵⁾.

2.6.2 Riscos da exposição ocupacional

O Comitê Científico das Nações Unidas (UNSCEAR), relatam segundo seus dados que a exposição dos médicos à radiação em procedimentos intervencionistas em geral é a maior fonte de exposição ocupacional no mundo.

Três projetos europeus da IAEA denominados Optimization of Radiation Protection for Medical Staff (ORAMED, 2008-2011), Eye Lens Dosimetry (ELDO, 2013) e European Epidemiologia Study on Induced Lens Opacities Among Interventional Cardiologists (EURALOC, 2014-2017) contribuíram e ainda vêm contribuindo para avanços na proteção radiológica aplicada às práticas da radiologia intervencionista.

Estudos relatam que procedimentos intervencionistas guiados por exposição à radiação, ao longo do tempo, estão associados a um dano severo no cristalino dos profissionais médicos e da equipe. Os autores descrevem o uso de dosímetro eletrônicos ativos fixados no arco C para estimar a dose de radiação espalhada em procedimentos cardíacos e as doses estimadas na região dos olhos dos cardiologistas em procedimentos diagnósticos e terapêuticos.⁽⁵⁶⁾

Um estudo relata que médicos cardiologistas intervencionistas, que foram expostos aos raios X, têm risco maior de desenvolver catarata mais cedo do que os não expostos. O estudo incluiu 106 cardiologistas intervencionistas (média de idade = 51 ± 7 anos) e 99 indivíduos do grupo controle não expostos (média de idade = 50 ± 7 anos). A opacidade do cristalino pode ser dividida em três tipos: nuclear, cortical e subcapsular posterior. Os grupos não diferiram significativamente na prevalência de qualquer opacidade nuclear ou cortical. No entanto, opacidades subcapsulares posteriores no cristalino foram significativamente mais frequentes entre os Cardiologistas (17% vs. 5%, $p = 0,006$). O risco aumentou com o tempo de duração da atividade ou exposição, mas não foi observada nenhuma relação clara com a carga de trabalho. No entanto, o risco detectado foi mais baixo para usuários regulares de óculos de proteção plumbífera. Sendo assim, foi relatado que na França como em outros lugares, os profissionais médicos expostos à radiação estão sujeitos à catarata subcapsular posterior e o uso de equipamento de proteção contra raios-X, em particular os anteparos plumbíferos, são altamente recomendáveis para minimizar as doses e os riscos de danos^(2, 57).

Vaño e colaboradores relataram dois casos de médicos intervencionistas vasculares, que realizavam suas atividades sem os equipamentos de proteção individual (EPIs), nos quais se detectou a opacidade nos cristalinos devido à

exposição à radiação secundária. Estima-se que as doses equivalentes no cristalino dos radiologistas foram entre 450 a 900 mSv/ano ^(15, 16).

Estudo recente, incluindo 58 médicos e 69 enfermeiros e técnicos, com alta prevalência de prováveis alterações no cristalino, induzidas pela exposição à radiação na população do estudo, sugere uma necessidade urgente de melhorias em radioproteção, formação profissional, o uso de proteção para os olhos durante procedimentos de cateterismo e aperfeiçoamento da dosimetria ocupacional ⁽⁵⁸⁾.

Na edição de janeiro de 2012 da Eurointervention, o pesquisador Roguin e colegas publicaram um resumo de nove casos sobre tumores de cérebro em pessoas que trabalharam com procedimentos da Radiologia Intervencionista por um período de 14 a 32 anos ⁽⁵⁹⁾.

- Em Toronto, desde 1998, foram relatados dois casos de surgimento de tumor que foram recentemente confirmados como sendo glioblastomas. Ambos trabalharam na Universidade de Toronto e o período de latência foi de 20 anos.
- Foram descritos na Suécia, em 2001, os casos de três médicos que foram diagnosticados com neurinoma do acústico, meningioma e oligodendrinoma, após período de latência de 20, 28 e 31 anos respectivamente, mas não foram encontradas informações sobre a região da lesão.
- Em Haifa, Israel, em 1998, um cardiologista intervencionista de 48 anos de idade foi diagnosticado com meningioma do lado esquerdo, ptose e diplopia correlacionada. Ele tinha trabalhado com equipamentos de fluoroscopia diariamente por 14 anos.
- Em 2009, em Haifa, Israel, foi diagnosticado caso de médico intervencionista cardiologista, 62 anos, com um glioblastoma frontal esquerdo (grau IV), com período de latência de 32 anos.
- Em Paris, dois cardiologistas foram diagnosticados com tumores cerebrais. Ambos eram cardiologistas intervencionistas muito experientes que executaram grande volume de procedimentos utilizando fluoroscopia. O primeiro caso na França aconteceu em 2001 e o segundo em 2006. Ambos profissionais foram diagnosticados com glioblastoma a esquerda com idade de 56 e 49 anos, respectivamente.

Roguin *et al.*⁽⁵⁹⁾ ressaltam que os procedimentos de intervenção são os que têm a maior exposição à radiação entre os profissionais da área de saúde, e observa que dispositivos de proteção não costumam oferecer proteção para a cabeça. Ainda faltam evidências sólidas que associam o dano à causa, e os casos reportados podem não ter qualquer relação com a exposição de radiação nesta atividade de trabalho. Mas, Roguin e seus colegas alertam que médicos e técnicos, que executam procedimentos intervencionistas, devem ter cuidados adicionais com relação à proteção e devem aprimorar o treinamento, pois são o grupo que estão mais expostos à radiação na área da saúde.

Sugerem ainda que estudos de otimização de protocolos para procedimentos radiológicos intervencionistas, podem fornecer orientações de radioproteção e colaborar para minimização das doses ocupacionais⁽⁵⁹⁾. Atualmente já se comercializa a touca plumbífera que vem sendo aceita entre os profissionais médicos.

Em outra publicação de Roguin et al. (2013) reportaram 31 casos de câncer em cabeça e pescoço em profissionais ocupacionalmente expostos a radiação (média: 23,5 anos) em procedimentos cardíacos e intervencionistas.⁽⁶⁰⁾

2.7 Princípios de proteção radiológica

Devemos entender que os benefícios dos procedimentos, terapêuticos, quando realizados de forma exemplar, não incluem apenas benefícios diretos ao paciente, mas também para seus familiares e para a sociedade. A equipe multidisciplinar pode se beneficiar diretamente com a otimização das doses recebidas pelos pacientes por meio da minimização das doses individuais. Podemos pensar também na redução de custos com a aplicação de programas de garantia de qualidade previstos nas normas nacionais e internacionais. Um programa de garantia de qualidade prevê um conjunto de ações que permitem minimizar as chances de repetição de exames, evitar o uso do equipamento radiológico em condições de não conformidade com os requisitos normativos e treinar os

profissionais para o uso otimizado das doses de radiação. ^(61, 62)

Especialistas da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), da International Atomic Energy Agency (IAEA) entre outras, têm demonstrado grande preocupação quanto aos efeitos da radiação ionizante, não somente para pacientes, mas também para médicos de diversas especialidades, devido ao crescente número de procedimentos terapêuticos complexos em neurologia e medicina interna. Os limites de doses para reações teciduais, como atualmente denominadas, são estabelecidos com base nos dados dosimétricos obtidos na população exposta à radiação em acidentes e guerras. Estes são passíveis de revisão devido às incertezas inerentes ao processo de avaliação e ao próprio método dosimétrico. Acrescidas as reações teciduais, devemos considerar também os riscos da indução de qualquer tipo de câncer, denominados efeitos estocásticos. ^(61, 63-68)

As normas de proteção radiológica não estabelecem limites de doses para pacientes, porém fornecem orientações específicas para justificação e medidas de dose de radiação que permitem estabelecer níveis de referência de dose nos procedimentos diagnósticos e terapêuticos. Há uma clara necessidade de construir uma base de dados com registros de níveis de referência que possa permitir a comparação das doses nos procedimentos intervencionistas, a fim de buscar a otimização, apesar da complexidade do método. ^(63-66, 69)

2.7.1 Justificação

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) afirmou como Princípio da Justificação que qualquer decisão que imponha uma situação de exposição à radiação deve resultar em benefícios ao indivíduo ^(65, 66, 70).

Observa que existem outros 2 níveis de ação: julgar se o procedimento radiológico irá melhorar o diagnóstico ou fornecer informações de gestão necessárias para o benefício das pessoas expostas (nível 2) e justificar a exposição individualmente (nível 3); ^(65, 66, 70). A CNEN estabelece em sua norma-NN-3.01⁽³⁵⁾, que nenhuma prática ou fonte associada a essa prática será aceita pela CNEN, a não ser que a prática produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a

sociedade, suficientes para compensar o detrimento correspondente, tendo-se em conta fatores sociais e econômicos, assim como outros fatores pertinentes (Normas CNEN-NN-3.01).

Enquanto as inovações tecnológicas em imagens médicas representam um sucesso ao longo da história, a justificativa do uso de novas tecnologias não é satisfatória no presente. O uso não justificado da tecnologia não atende aos princípios de proteção. ⁽⁷¹⁾

A IAEA relata que há um baixo nível de consciência das doses e dos riscos aos quais os pacientes e profissionais são expostos e recentemente relatou preocupação com a eficácia da justificação nas exposições médicas na *International Conference on Radiation Protection in Medicine – CN 192*. Considera relevante que a Proteção Radiológica seja inserida nos cursos de graduação em medicina.

2.7.2 Otimização

Em relação às exposições causadas por uma determinada fonte associada a uma prática, a proteção radiológica deve ser otimizada de forma que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições mantenham-se tão baixas quanto possam ser razoavelmente exequível, tendo em conta os fatores econômicos e sociais. Nesse processo de otimização, deve ser observado que as doses nos indivíduos decorrentes de exposição à fonte devem estar sujeitas às restrições de dose relacionadas a essa fonte (Normas CNEN-NN-3.01)⁽³⁵⁾.

Os níveis de referência são úteis para garantir a qualidade e otimizar as doses de radiação. Pode ser um razoável indicador de dose média para os pacientes e fornecer orientações de como é possível ter boas práticas ⁽⁶⁷⁾. Quando exceder o nível de referência, o equipamento deve ser investigado; caso o equipamento esteja em perfeito funcionamento, deve-se analisar os protocolos do procedimento e técnicas do equipamento se não foram alteradas. O número de casos sugeridos varia de 10 a mais de 50 procedimentos, devido à alta variabilidade ⁽⁷²⁻⁷⁴⁾.

Para procedimentos intervencionistas, os níveis de referência, em princípio, poderiam ser usados para promover a gestão das doses dos pacientes no que diz respeito a evitar riscos desnecessários. Observa-se diferentes doses nos pacientes, mesmo para um protocolo específico, devido à complexidade de cada procedimento e da dependência das circunstâncias clínicas individuais, dificultando seu uso, porém podem ser úteis como níveis de referência local. ^(63, 74)

No Brasil, não existem níveis de referência de dose estabelecidos para os procedimentos intervencionistas. A determinação destes níveis colabora para que ações de otimização de proteção possam ser implementadas para fins de minimização dos riscos aos quais profissionais e pacientes são submetidos no procedimento terapêutico ⁽⁷⁴⁾. Normalmente, os níveis de referência são estabelecidos por meio de cooperação entre as autoridades de radioproteção e grupos profissionais especialistas. Para tal é necessário um grande número de casos, o que aumenta a dificuldade em estimar esses níveis, considerando a especificidade dos casos clínicos. ^(63, 64, 76)

Para utilizar níveis de referência como uma ferramenta de melhorias na qualidade, as equipes de profissionais das instituições devem coletar dados de dose de radiação dos próprios procedimentos realizados no serviço de radiologia, contribuindo para o processo, para fins de comparação.

2.7.3 Limitação de dose

A exposição dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam o limite de dose especificado no quadro 1, salvo em circunstâncias especiais, autorizadas pela CNEN. Como já foi dito, esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas. (Normas CNEN – NN- 3.01). ⁽³⁵⁾

Quadro 1: Normas CNEN-NN-3.01 /Limites de dose anuais.

Limites de Dose Anuais (a)			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv (b)	1 mSv (c)
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv	15 mSv
	Pele (d)	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	/

(a) Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

(b) Média ponderada em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

(c) Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.

(d) Valor média em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Em 2011, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), revisou o limiar de dose para ocorrência do efeito do dano no cristalino, reduzindo de 2 Sv para 0,5 Sv. O limite de dose anual ocupacional foi reduzido de 150 mSv para 20mSv, buscando diminuir o número de cataratas induzidas por radiação. ^(2, 67, 77)

Apesar das incertezas relacionadas com limite de dose, é possível reduzir significativamente o risco de indução de catarata por radiação através do uso de proteção adequada para os olhos. Ao aumentar a conscientização do risco e a importância da utilização de medidas de proteção, a catarata por radiação pode tornar-se evitável. ⁽⁷⁸⁾

3 - CASUÍSTICA, MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Casuística

O estudo, aprovado pelo Comitê de Ética da Escola Paulista de Medicina-UNIFESP, número 187614 e foi realizado no setor de angiografia do Hospital Universitário da Escola Paulista de Medicina (HSP), junto às equipes endovascular e neurorradiologia. Durante o estudo, foram colhidos dados de 92 procedimentos terapêuticos de embolização. Os dados foram divididos em 2 grupos: Grupo 1 (Neuro), com 30 pacientes com doença vascular do sistema neurológico como aneurisma e mal formação arteriovenosa (MAV), sendo 23 pessoas com etnia branca e 7 pardos, sendo em média 18 mulheres, com idade mediana de 53 anos e 12 homens com idade mediana de 46 anos. O grupo 2 (Vascular) com total de 62 pacientes, sendo 44 pessoas com etnia branca e 18 pardos, sendo 50 com doenças correlacionadas ao sistema hepático (neoplasia hepática) com idade mediana de 59 anos entre 12 mulheres e 38 homens. Em relação às embolizações do sistema uterino (mioma), foram coletados dados de 12 mulheres, com idade mediana de 35 anos. A Tabela 2 mostra o número de procedimentos avaliados com sua distribuição em termos do gênero dos pacientes.

Tabela 2: Número de procedimentos terapêuticos referente ao grupo 1 (Aneurisma / MAV) e o grupo 2 (Quimioembolização Hepática / Embolização de mioma) e sua distribuição em termos do gênero dos pacientes.

Número de procedimentos terapêuticos					
Pacientes	Grupo 1		Grupo 2		Total Geral
	Aneurisma	MAV	Quimioembolização hepática	Mioma	
Masculino	6	6	40	0	52
Feminino	14	4	10	12	40
Total por procedimento	20	10	50	12	92

A coleta de dados foi efetuada em 2014 e 2015 com a colaboração dos radiologistas especialistas pertencentes ao *staff* do setor de Neurorradiologia e Endovascular.

3.2 Materiais

3.2.1 Equipamento Radiológico

Angiógrafo modelo Integris Allura V5000 Philips, dotado de receptor/intensificador de imagem de diâmetro máximo 38 cm, ilustrado na figura 5.



Figura 5: Arco C modelo Philips Integris com intensificador de imagem.

No quadro 2 são apresentadas as características do equipamento angiógrafo Philips Integris V5000, que utilizamos em nosso estudo. ⁽³⁾

Quadro 2: Características técnicas do angiógrafo Integris V5000.

Equipamento	Fabricante	Modelo	Receptor de imagens	Detector de DAP integrado	Quadros (pulsos/s)	Modos de operação	Filtração (mmAl / mmCu)	CSR à 80kV (mm Al)	Corrente máxima (mA)	Tensão máxima (kV)	Tamanhos do receptor (cm)	Pontos focais (mm)
Angiografia	PHILIPS	INTEGRIS V5000	Intensificador de imagem	sim	7,5, 15, 30	Low Normal High	(1,5 / 0,1 - 0,2 - 0,4)	6,0	1000	110	17,20,25,31,38	1,0 / 0,3

DAP: dose area product / CSR: camada semirredutora

As aquisições das imagens são definidas por protocolos padrões pré-ajustados pelo fabricante em comum acordo com a equipe médica. Algumas das mais relevantes são citadas abaixo.

- Taxas de aquisição para modo de subtração ou Angiografia Digital: 0.5 a 7.5 frames por segundo (fps)
- Taxas de aquisição em modo Dinâmico: 30 e 60 fps
- AEC: controle automático de exposição
- Filtração: Al e Cu (variável)
- Matriz de exibição da imagem: 1024 x 1024 pixels para modo de subtração digital
- Matriz de exibição da imagem: 512 x 512 pixels para modo dinâmico.

3.2.2 Sistemas de detecção da radiação

Detector de leitura direta Instadose™, de fabricação Mirion Technologies, acreditado nos Estados Unidos pela National Voluntary Laboratory Accreditation Program (NVLAP - código lab: 100555-0) e em outros países.

O Instadose é um pequeno dispositivo, robusto, baseado na tecnologia patenteada de armazenamento de íons diretos que utilizam micro-câmaras de ionização, apresentados na figura 6. (www.mirion.com)⁽⁷⁹⁾. Deve ser utilizado na região do corpo entre punho e pescoço. A seguir descrevemos algumas de suas características com base em informações do fabricante.

- Dose mínima: 0,03 mSv
- Limite inferior de detecção: 0,01 mSv
- Intervalo útil de dose: 0,03 mSv – 5 Sv
- Intervalo de resposta energética: 5 keV – 6 MeV



Figura 6: Instadose™ dosímetro ativo de leitura direta

3.2.3 Filme Radiocrômico

Modelo *Gafchromic XR-RV3*, de fabricação Ashland, específico para avaliação da dose de pico na superfície da pele em procedimentos intervencionistas guiados por fluoroscopia, conforme ilustrado na figura 7.

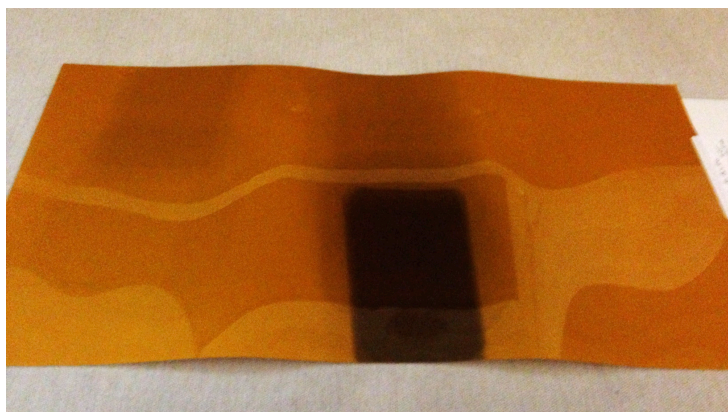


Figura 7: Filme radiocrômico após ser utilizado em procedimento de neuroradiologia

A seguir descrevemos algumas de suas características com base em informações do fabricante.

- Tamanho: 35 x 43cm²
- Sensibilidade: 0,05 Gy até 15Gy.
- Resistente à iluminação interna

3.3 Metodologia

Foram realizados testes de verificação de desempenho do equipamento de angiografia com base nas normas da ANVISA e do Ministério da Saúde, bem como a determinação do fator de calibração das doses apresentadas no painel de comando do equipamento pelas siglas KAP fluoro e KAP cine. Os resultados foram avaliados pela equipe de físicos do Hospital Universitário e considerados em conformidade com as normas.

Todos os dados relativos ao paciente e os dados apresentados no console do equipamento foram registrados, bem como as condições técnicas-operacionais utilizadas durante os procedimentos.

O console do equipamento radiológico possui *display* com registro de tempo de fluoroscopia, número de imagens adquiridas e produto kerma-área (KAP)

mensurado em Gy.cm^2 . Sendo assim, obtivemos uma estimativa de dose total do procedimento incluindo fluoroscopia e aquisição, conforme demonstrado na figura 8.

VIEWING EXAMINATION				
TESTE MESTRADO UNIFESP			30-01-1944	
F 0005147327			DRN 19-04-2016	
Run		Images		
Photofile		0		
1	Neck	6	Flag	
2	Neck	8	Flag	
3	Cerebral (fr)	16	Flag	
4	Cerebral (fr)	21	Flag	
5	Cerebral (fr)	21	Flag	
6	Cerebral (fr)	18	Flag	
7	Cerebral (fr)	19	Flag	
8	Cerebral (fr)	18	Flag	
	Fluoro dose	13.4	Gycn2	
	Exp. dose	199.2	Gycn2	
	Total dose	212.6	Gycn2	

Figura 8: Painel do comando com dados referentes ao número de imagens (Run) por aquisição (fr) e doses (Gy.cm^2): Fluoro dose, Exp. dose e Total dose.

3.3.1 Dosimetria ocupacional

Neste estudo, tanto para as embolizações do grupo 1 quanto para o grupo 2, foram avaliadas as doses ocupacionais nos médicos e na equipe de enfermagem com auxílio dos dosímetros InstadoseTM. Ao termino do procedimento intervencionista cada dosímetro é conectado ao computador e as doses são analisadas na plataforma do *software* de leitura da empresa *Mirion*, por meio de conta individual, acessando a internet. As leituras são possíveis por meio de uma conexão USB, entre o computador e o dispositivo InstadoseTM. A dose de radiação no dosímetro é processada por um algoritmo de propriedade do fabricante que apresenta os detalhes de leitura dos valores de doses equivalentes denominados *Deep*, *Shallow* e *Eye*, isto é, $H_P(10)$, $H_P(0,07)$ e $H_P(3)$, respectivamente. Estes dados são armazenadas em banco de dados e uma representação gráfica da dose fica disponível na tela do computador, conforme apresentados na figura 9.

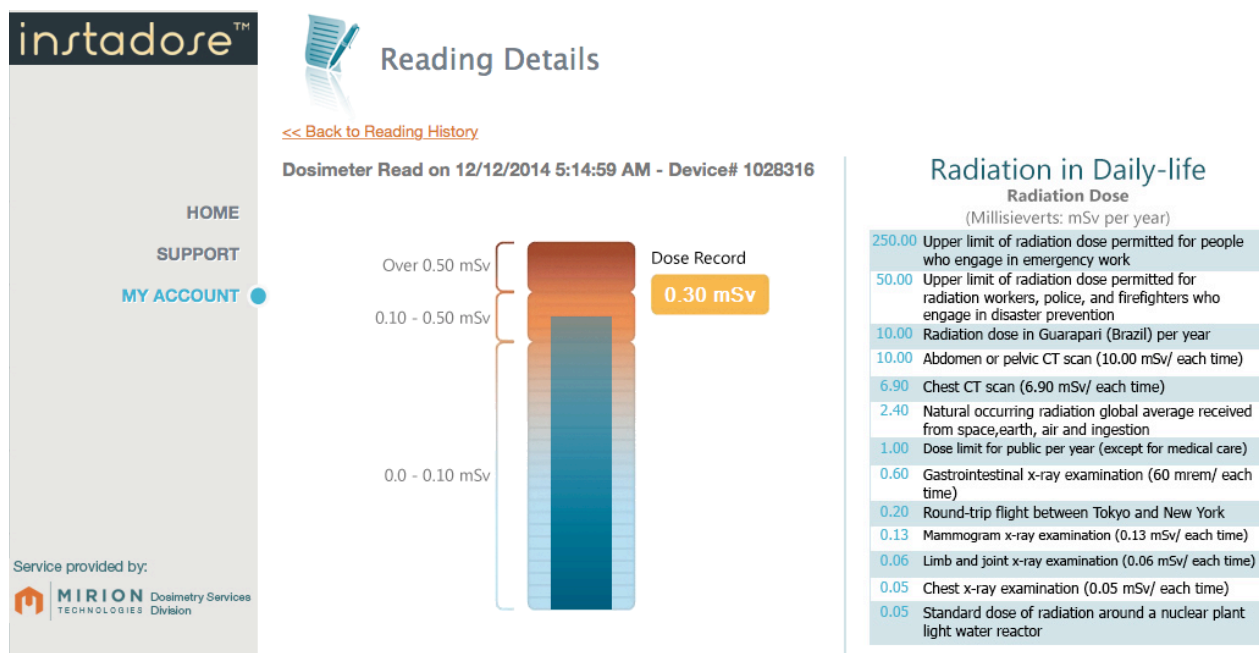


Figura 9: Tela de Software da plataforma de dados da Mirion (coleta de dados) que apresentam a leitura de doses.

Os dosímetros Instadose™ foram fixados em três regiões do corpo dos médicos que realizaram os procedimentos terapêuticos em condições de rotina; conforme figura 10. O dosímetro identificado como D2 foi fixado sobre a vestimenta plumbífera.

D1 - Região Temporal esquerda (cristalino)

D2 - Região do Tórax

D3 - Região do Tornozelo esquerdo

Todas as leituras foram realizadas logo após ao término dos procedimentos.

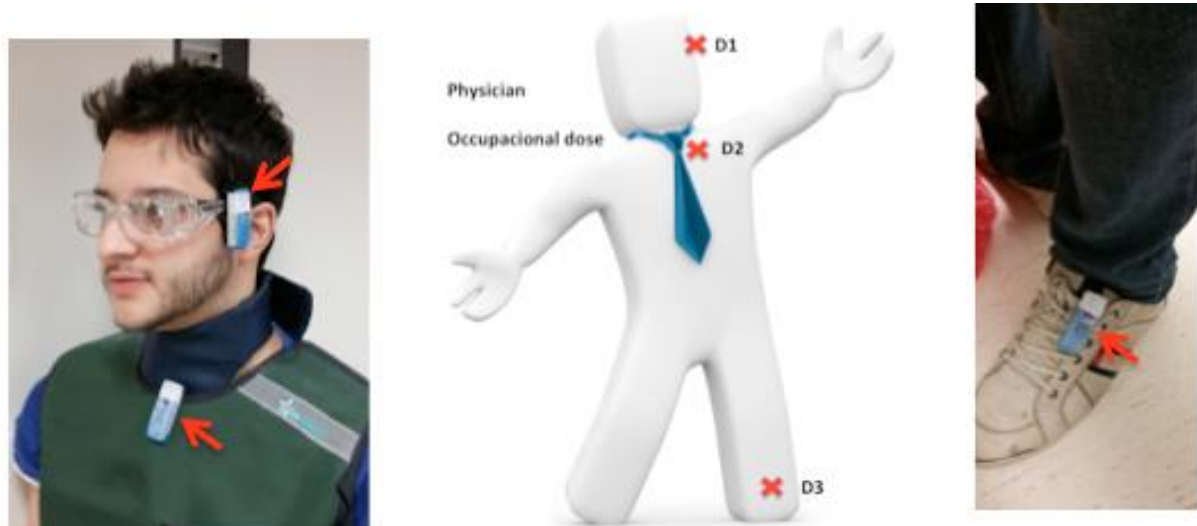


Figura 10: Localização dos dosímetros Instadose™ (D1, D2 e D3) para coleta de doses ocupacionais no médico ocupacionalmente exposto.

A exemplo de outros estudos também foi utilizado 1 dosímetro (D4) que denominamos Dosímetro Controle para medida de radiação secundária o qual foi fixado no centro do Arco C, conforme figura 11. ⁽⁵⁴⁾

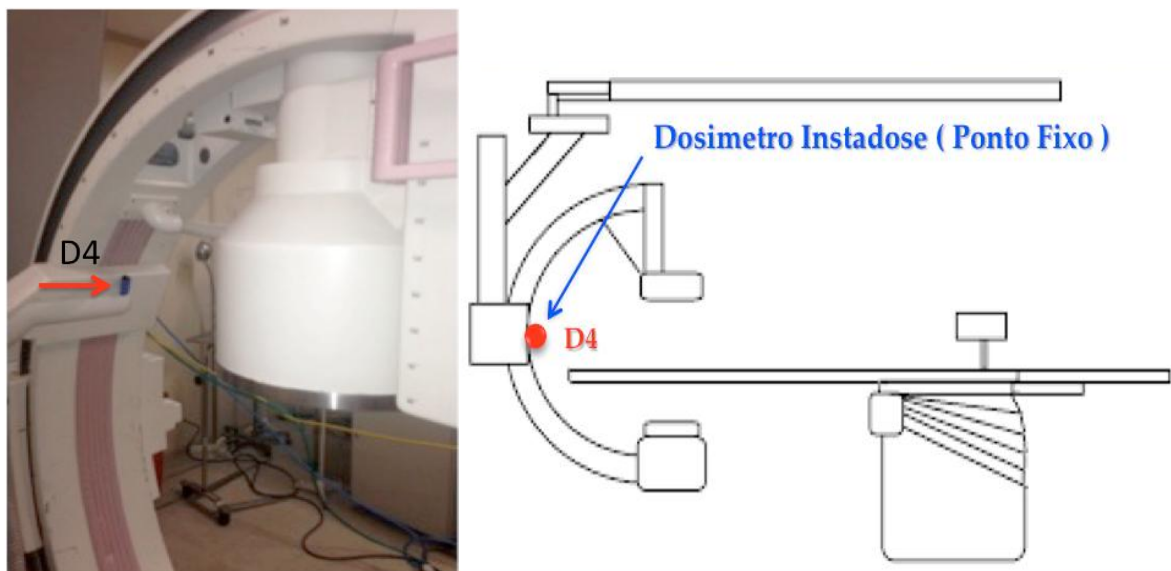


Figura 11: Dosímetro Controle instadose (D4), posicionado no arco C em um ponto fixo.

Na equipe de enfermagem foram fixados dosímetros sobre a vestimenta plumbífera, sendo 1 na região anterior do tórax e outro na região posterior.

Todos profissionais médicos e equipe de enfermagem fizeram uso de avental plumbífero e protetor de tireóide.

Foi respeitada a opção do médico quanto à utilização do biombo de teto com vidro plumbífero e o saíote de mesa plumbífero, que são equipamentos de proteção coletivo disponíveis. Somente a equipe de neurointervenção fez uso rotineiro desses acessórios de proteção, conforme figura 12.

Todos os médicos utilizaram óculos plumbíferos com proteção lateral, de propriedade pessoal.



Figura 12: Anteparo de vidro plumbífero suspenso e saíote plumbífero fixado na mesa de exame.

Foi usada uma ficha para a coleta dos dados dos procedimentos, contendo informações relativas aos pacientes, médicos, enfermagem e dados técnicos operacionais utilizados durante o procedimento, conforme quadro 3.

Quadro 3: Ficha de coleta de dados dos procedimentos.

 Departamento de Diagnóstico por Imagem Universidade Federal de São Paulo					
Coleta de dados: Embolização					
Data do procedimento:		Número do exame:		Sala:	
Paciente		Médico		Equipamento	
Nome:		Nome:		Modelo: Philips	ALLURA
Sexo:		Sexo:		Tempo total procedimento	
Data de nascimento:		Altura:		Tempo total fluoro/cine	
Etnia:		Tempo experiência do médico		mA	
Peso:		EPI / Protetor de Tireóide		KVp	
Tabagismo		EPI utilizado / Vest. Plumbífera		Projeções do Feixe	
Lado		EPI / Óculos		Tamanho do campo	
Descoberta da doença		EPC / Salote plumbífero		Frames total do exame	
Doenças associadas:		EPC utilizado / Biombo de teto		Frames por segundo	
		Enfermagem Dose Tórax Posterior		DAP Cine	
		Enfermagem Dose Tórax Anterior		DAP Fluoro	
				DAP Total	
obs:		obs:		obs:	

3.3.2 Dose máxima na entrada da pele / Filme radiocrômico

Para estimar a dose máxima na entrada na pele dos pacientes nos procedimentos terapêuticos citados, foram utilizados os filmes radiocrômicos modelo Gafchromic tipo XR-RV3, sensíveis a um intervalo de dose entre 0,05 Gy a 15 Gy, faixa de energia: 30 keV a 30 MeV, e foram colocados em contato com a pele dos pacientes, conforme figura 13.



Figura 13: Filme radiocrômico após procedimento de embolização.

Foram disponibilizados para este estudo filmes radiocrômicos, divididos entre o grupo 1 (Neuroembolização) e o grupo 2 (Quimioembolização Hepática).

Nos pacientes do grupo 1 (n=12) foram utilizados um suporte para o crânio nos procedimentos neurológicos, revestido com filme radiocrômico, envelopado em plástico escuro, posicionado ao redor da pele da cabeça em região occipital e temporais entre os condutos auditivos direito e esquerdo conforme figura 14. O tamanho do filme utilizado foi 17 x 43 cm², o que cobre uma grande área da distribuição de dose.

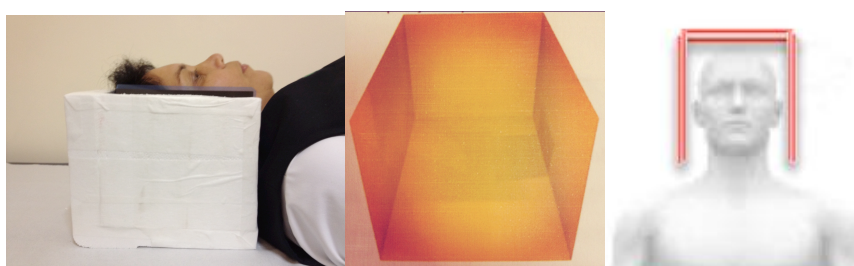


Figura 14: Suporte de Crânio com filme Radiocrômico, utilizado nos procedimentos terapêuticos do grupo 1.

Para o grupo 2 (n=16), nos procedimentos de quimioembolizações hepáticas, os filmes foram fixados na região abdominal posterior no quadrante superior direito e esquerdo, exemplificado na figura 15.

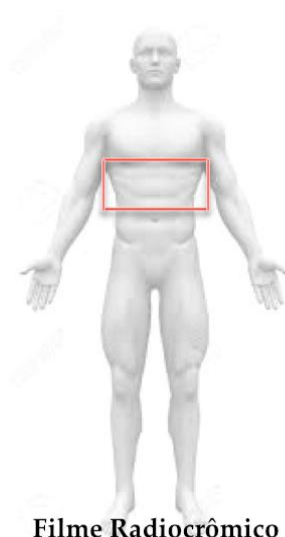


Figura 15: Posicionamento do filme Radiocrômico nos procedimentos de Quimioembolização Hepática, referente ao grupo 2.

Os filmes radiocrômicos foram previamente calibrados para 80kVp utilizando um equipamento radiológico de raios X convencional de fabricação modelo compacto Plus 500 VMI – Philips. Uma curva de calibração da densidade optica (D.O) em função da dose foi construída. As leituras de D.O dos filmes radiocrômicos foram efetuadas por meio do densitômetro de fabricação: PEHAMED, modelo Densoquick2eS/N:N6276.

4 - RESULTADOS

Nos procedimentos intervencionistas o potencial do tubo durante a fluoroscopia foi ajustado de acordo com a espessura do paciente por controle automático de exposição (AEC) e variou de 77 a 82 kV para o grupo 1, e de 80 a 110 kV para o grupo 2. A corrente do tubo variou de 1,5 mA a 3,9 mA para o grupo 1 e de 1,8 mA a 8,4 mA para o grupo 2. O Campo (FOV) utilizado variou entre 25 e 31 cm para o grupo 1 e 25, 31 e 38 cm para o grupo 2.

Os protocolos padrão utilizados para o grupo 1 (Crânio) e 2 (Abdôme superior e Pelve) estão representados na tabela 3.

Tabela 3: Protocolos referentes aos procedimentos de embolização categorizados em grupos 1 e 2.

Grupo 1				Grupo 2							
Aneurisma / MAV				Quimioembolização Hepática				Embolização de Mioma			
Protocolos	Run	Duração	Frames /segundo	Protocolos	Run	Duração	Frames /segundos	Protocolos	Run	Duração	Frames /segundos
		10 s	3 fps			20 s	2 fps			6 s	3 fps
Crânio	1	10 s	2 fps	Abdome superior	1	20 s	1 fps	Pelve	1	5 s	2 fps
		5 s	1 fps			20 s	0,5 fps			10 s	0,5 fps
Total de imagens			55	Total de imagens			70	Total de imagens			33

Fonte: Philips Allura V5000

A seguir, apresentaremos os resultados referentes às doses apresentadas no *display* do equipamento angiográfico ao término do procedimento, bem como os dados técnico-operacionais durante os procedimentos terapêuticos referentes aos grupos 1 e 2. A tabela 4 apresenta os resultados do produto kerma-área para Fluoro, Cine e Total em (Gy cm^2), enquanto que a tabela 5 apresenta os resultados dos valores de tempo de exposição, número de aquisições e número total de imagens.

Tabela 4: Valores do produto kerma-área (KAP) obtidos nos procedimentos de embolização referentes aos grupos 1 e 2.

Procedimentos	Grupo 1			Grupo 2					
	Neuro (Aneurisma / MAV) n=30			Quimioembolização Hepática n= 50			Embolização de Mioma n=12		
MEDIDAS	Média ± Desvio padrão	Quartil 3	Mediana	Média ± Desvio padrão	Quartil 3	Mediana	Média ± Desvio padrão	Quartil 3	Mediana
DAP FLUORO (Gycm2)	57,4 ± 37,3	87,9	46,8	135,5 ± 100,9	146,4	116,9	184,6 ± 81,0	222,4	202,2
DAP CINE (Gycm2)	232,5 ± 180,1	334,3	181,7	342,8 ± 246,6	401,7	262,5	266,4 ± 135,6	364,8	265,8
DAP TOTAL (Gycm2)	292,5 ± 200,2	408,1	235,3	478,3 ± 320,6	550,8	364,8	451,0 ± 197,2	584,4	449,4

DAP: Produto da dose pela área ou KAP: Produto kerma-área

Tabela 5: Valores referentes às condições técnica-operacionais utilizados nos procedimentos de embolização, referentes aos grupos 1 e 2.

Procedimentos	Grupo 1			Grupo 2					
	Neuro (Aneurisma / MAV) n=30			Quimioembolização Hepática n=50			Embolização de Mioma n=12		
MEDIDAS	Média ± Desvio padrão	Quartil 3	Mediana	Média ± Desvio padrão	Quartil 3	Mediana	Média ± Desvio padrão	Quartil 3	Mediana
TEMPO TOTAL DE RAIOS X (minutos)	29,6 ± 10,9	36,1	24,8	20,2 ± 8,5	26	18,7	31,6 ± 9,8	34,5	32,5
NÚMERO DE AQUISIÇÕES (Run)	29,9 ± 17,4	39,3	25,5	11,2 ± 3,7	13	11	9,6 ± 1,7	10,5	10
NÚMERO TOTAL DE IMAGENS	414,2 ± 254,8	504,5	340,5	190,1 ± 64,7	205	186	152,7 ± 45,0	189	149,5

A seguir serão apresentados os resultados relativos as doses máximas recebidas pelos pacientes em procedimentos de neuroembolização e quimioembolização, utilizando os filmes radiocrômicos em contato com a pele, conforme tabela 6. Para determinação das doses máximas na pele utilizamos a curva de calibração apresentada na figura 16.

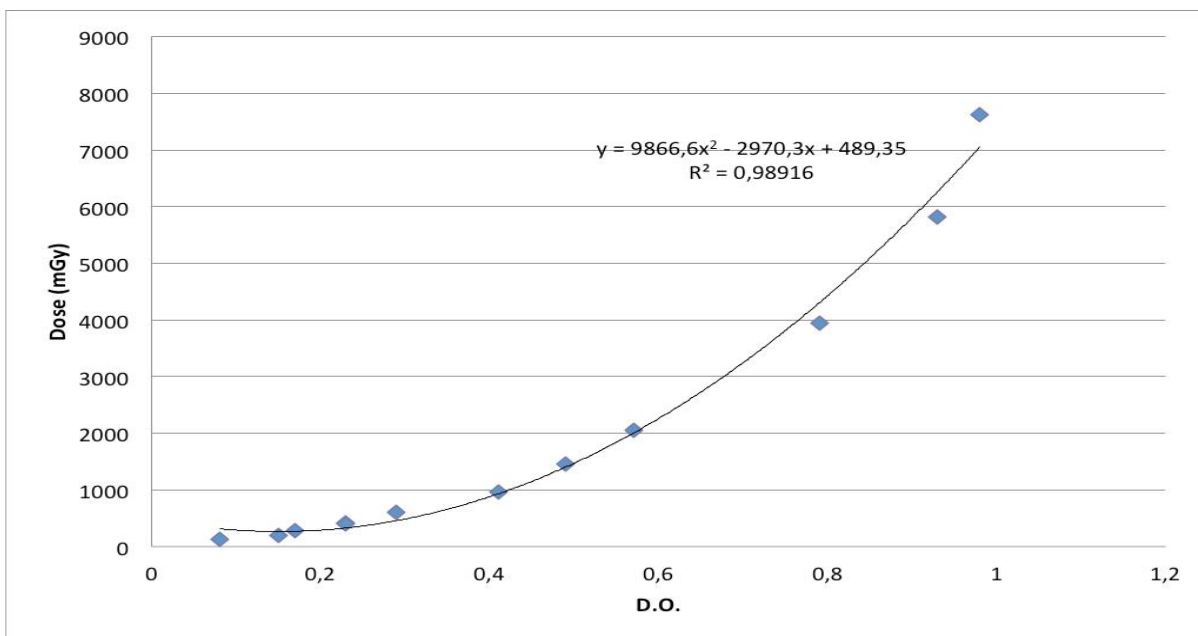


Figura 16: Curva de calibração do filme radiocrômico (Gafchromic)

A tabela 6 apresenta os valores de dose máxima na entrada da pele nas embolizações de neuro e quimioembolização hepática a partir da medida das densidades ópticas máximas obtidas nos filmes radiocrômicos, após 24h do término do procedimento.

Tabela 6: Apresenta os dados coletados nos filmes radiocrômicos no procedimentos de Neuro e Quimioembolização hepática.

Dose máxima na entrada da pele nas embolizações (mGy)

Filme radiocrômico	n	Média ± Desvio padrão	Mediana	Quartil 3	Min / Max
Grupo 1 (Neuro)	12	722,3 ± 435,3	721,8	1045,9	159 / 1302,9
Grupo 2 (Hepática)	16	847,6 ± 464,0	786,4	971,9	317,6 / 2352,6
Total (G1+G2)	28	793,9 ± 456,2	786,4	1004,4	

*Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2)

A figura 17 apresenta a relação entre a dose obtida no filme radiocrômico e o produto dose-área total registrado em cada procedimento (grupo 1 + grupo 2) sendo R^2 o coeficiente de correlação entre estas funções.

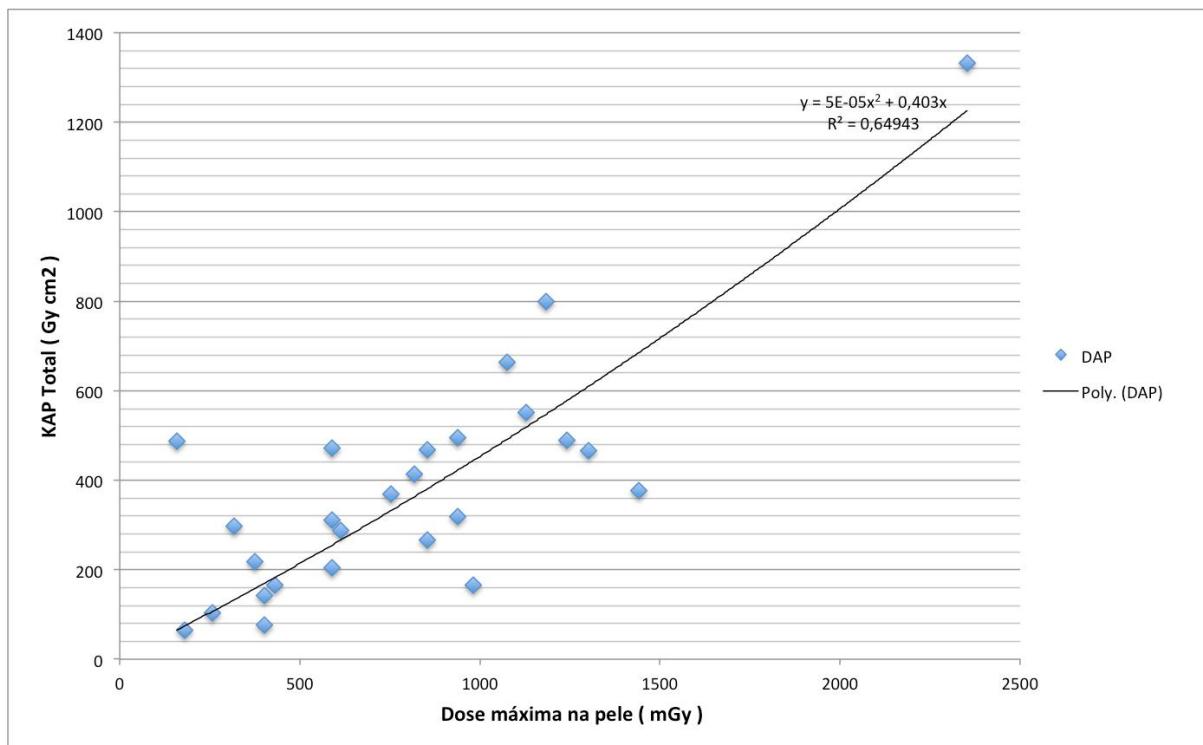


Figura 17: Relação entre a dose total nos procedimentos terapêuticos. (n = 28)

A figura 18 apresenta a relação entre a dose obtida no filme radiocrômico e o tempo total de exposição por procedimento, tanto no modo aquisição, quanto no modo fluoroscopia, registrados nos (grupo 1 + grupo 2) sendo R^2 o coeficiente de correlação entre estas funções.

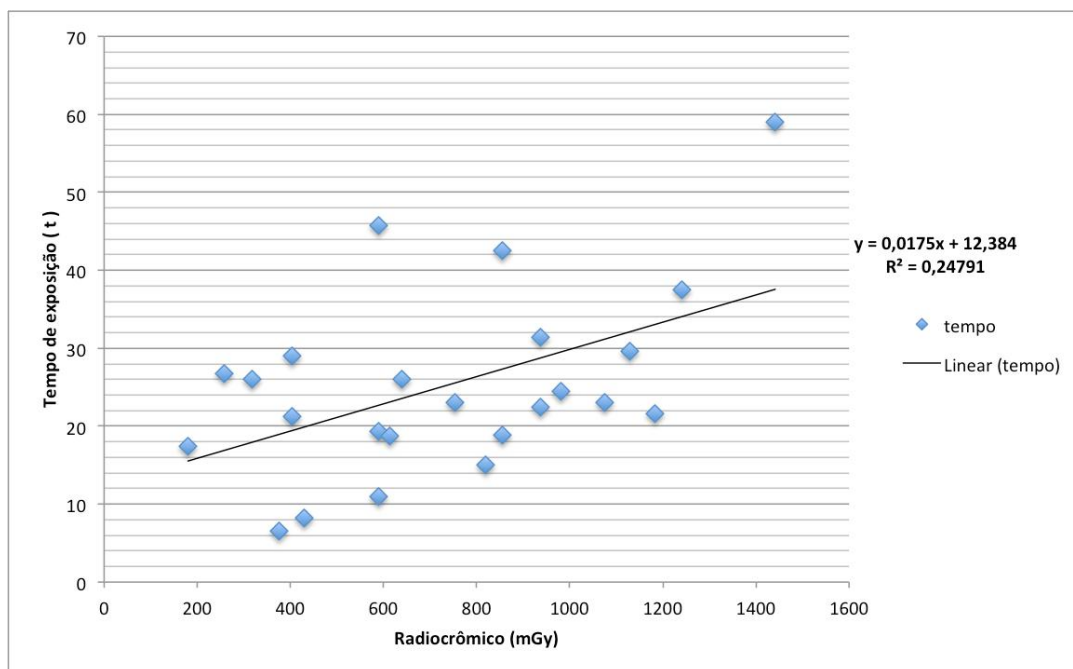


Figura 18: Relação entre a dose total no filme radiocrômicos e o tempo de exposição total nos procedimentos terapêuticos. (n = 24)

Nas tabelas 7 e 8, apresentamos as doses ocupacionais e de Controle (Arco C) obtidas com uso dos dosímetros Instadose posicionados nas regiões: órbita esquerda, tórax anterior / posterior e tornozelo.

Tabela 7: Doses ocupacionais e de Controle (Arco C) obtidos com uso dos dosímetros Instadose nos procedimentos do grupo 1.

Grupo 1	Embolização de Aneurisma / MAV (n=30)		
Dose Ocupacional* n=16	Média ± Desvio padrão	Mediana	Quartil 3
ARCO C (Controle)	0,63 ± 0,44	0,37	1,16
MÉDICO (Orbita esquerda)	0,11 ± 0,10	0,11	0,21
MÉDICO (Tórax Anterior)	0,05 ± 0,04	0,06	0,07
MÉDICO (Tornozelo esquerdo)	0,28 ± 0,25	0,22	0,46
ENFERMAGEM (Tórax Anterior)	0,05 ± 0,05	0,05	0,06
ENFERMAGEM (Tórax Posterior)	0,01 ± 0,02	0	0

* mSv

Tabela 8: Doses ocupacionais e de Controle (Arco C) obtidos com uso dos dosímetros Instadose nos procedimentos do grupo 2.

Grupo 2	Quimioembolização Hepática (n=50)			Embolização de Mioma (n=12)		
Dose ocupacional* n=45	Média ± Desvio padrão	Mediana	Quartil 3	Média ± Desvio padrão	Mediana	Quartil 3
ARCO C (Controle)	0,52 ± 0,28	0,46	0,62	0,84 ± 0,39	0,89	1,06
MÉDICO (Orbita esquerda)	0,27 ± 0,17	0,25	0,37	0,27 ± 0,19	0,2	0,31
MÉDICO (Tórax Anterior)	0,19 ± 0,11	0,18	0,26	0,27 ± 0,16	0,27	0,29
MÉDICO (Tornozelo esquerdo)	1,25 ± 1,4	0,67	1,52	1,45 ± 0,67	1,49	2,01
ENFERMAGEM (Tórax Anterior)	0,05 ± 0,07	0,05	0,06	0,05 ± 0,06	0,04	0,09
ENFERMAGEM (Tórax Posterior)	0,02 ± 0,04	0	0,01	0,03 ± 0,05	0	0,01

*mSv

A figura 19 apresenta os dados dos valores de terceiro quartil das doses ocupacionais obtidas nos procedimentos dos grupos 1 e 2, bem como os valores de Controle (Arco C).

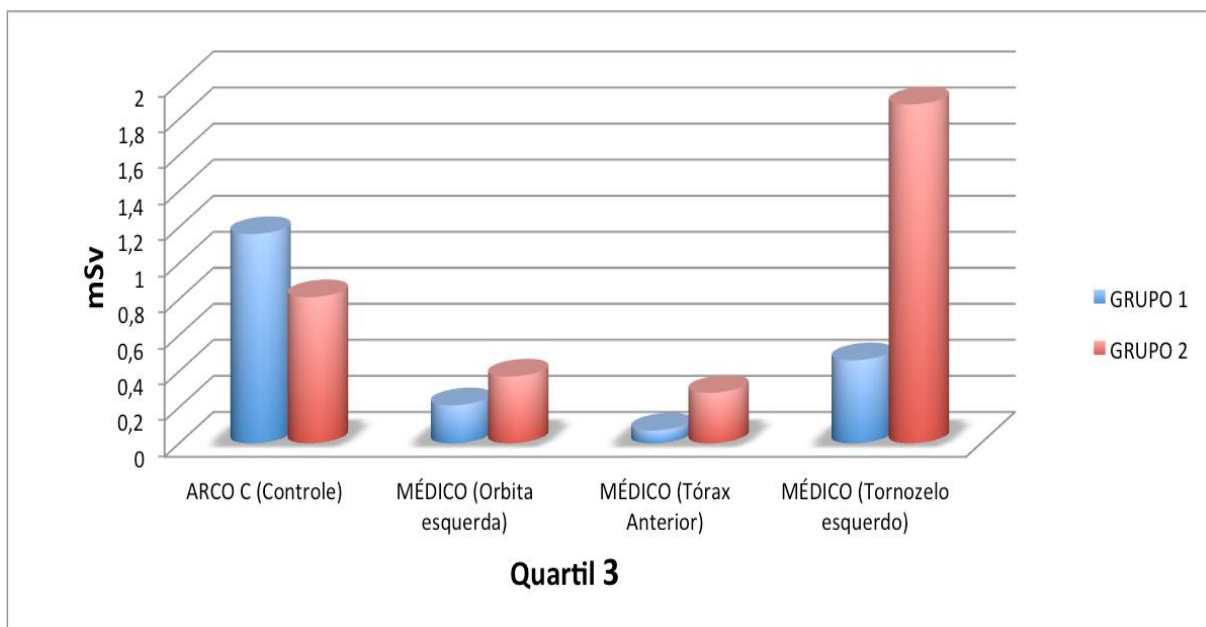


Figura 19: Doses ocupacionais e arco C, nos procedimentos do grupo 1 e 2.

A figura 20 a seguir apresenta as doses ocupacionais por região avaliadas durante os procedimentos terapêuticos.

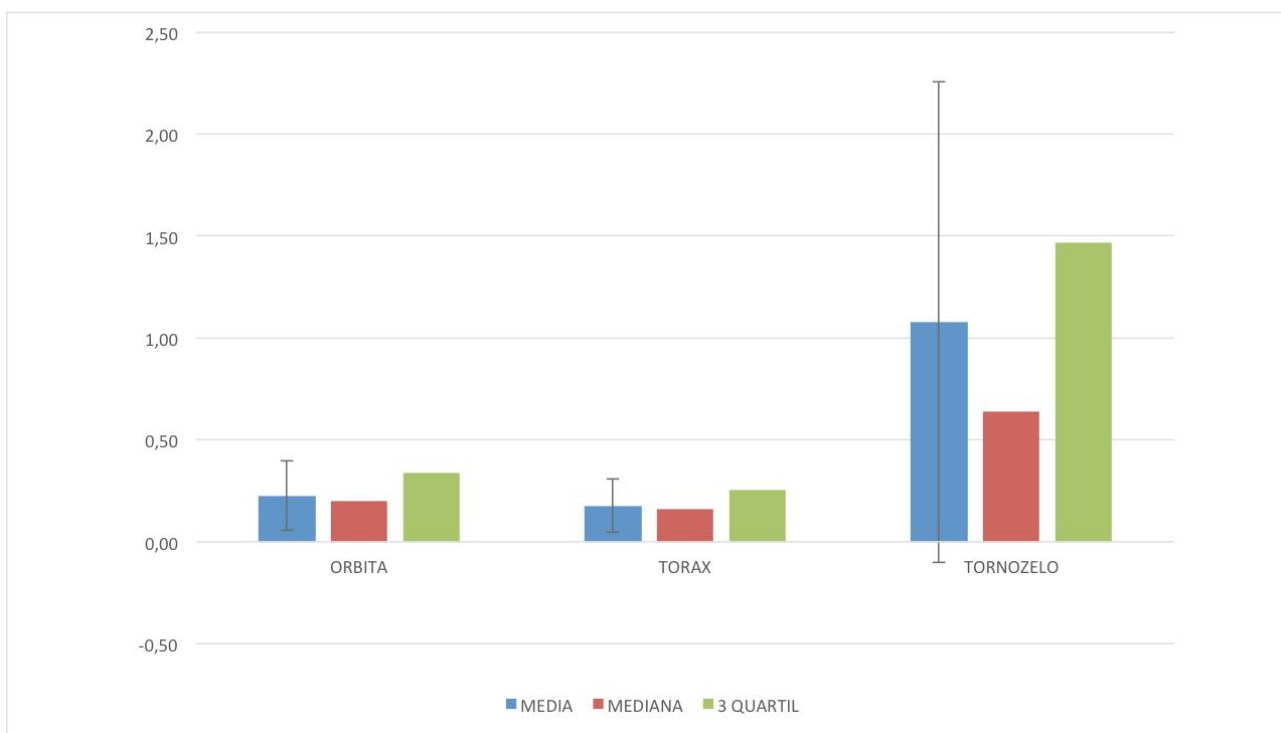


Figura 20: Doses ocupacionais (mSv) por região, avaliadas durante os procedimentos terapêuticos.

A tabela 9 apresenta a relação entre as doses ocupacionais obtidas por meio dos dosímetros posicionados nos médicos e a dose obtida no dosímetro de Controle localizado no centro do Arco C, considerando todos os procedimentos.

Tabela 9: Relação entre as doses ocupacionais obtidas na órbita, tórax e tornozelo dos médicos e as doses de Controle avaliadas utilizando os dosímetros ativos (Instadose).

Razão entre dose nos médicos e dose no Arco C			
n= 57	Órbita / Arco C	Tórax / Arco C	Tornozelo / Arco C
Média	0,4	0,31	1,65
Mediana	0,4	0,28	1,22

5 - DISCUSSÃO

Vários fatores determinam a exposição à radiação ocupacional e em pacientes, tais como o desempenho do equipamento de raios X, o protocolo específico de aquisição das imagens e condições técnica-operacionais selecionados para realização do procedimento, habilidade e experiência do médico, via de acesso arterial/venoso e características dos materiais cirúrgicos intervencionistas selecionados para os procedimentos.

As doses recebidas pelos pacientes (adulto ou pediátrico) são fortemente dependentes da sua condição clínica, massa corpórea, anatomia dos vasos e grau da lesão. Todos os itens citados determinam a complexidade do procedimento, o que justifica a dificuldade de se estabelecer níveis de referência de dose. Para a determinação dos níveis de referência alguns autores sugerem avaliar a dose em um grande número de procedimentos, enquanto outros um número bem menor. ^(69, 72)

De acordo com Marshall et al., um nível de referência nacional requereria um mínimo de 20 centros com 10 procedimentos em cada, conquistando um mínimo de 200 pacientes. ⁽⁷⁶⁾

Verificamos na literatura consultada que há uma ampla variação das doses recebidas pelos pacientes, explicada principalmente pela complexidade dos procedimentos intervencionistas.

Nossas principais limitações, quanto a considerar nossos resultados como nível de referência foram: pequeno número de pacientes monitorados, uso de um único centro de angiografia com uma única tecnologia de equipamento. Mesmo considerando o número limitado de casos, a complexidade dos casos inerentes ao perfil dos pacientes atendidos no Hospital Universitário e a tecnologia utilizada para realização dos procedimentos, os nossos resultados foram comparáveis aos resultados de pesquisas multicêntricas e consideramos que podemos adotá-lo como nível de referência local para fins de ações de proteção radiológica.

Os níveis de referência são úteis para a otimização das doses e para avaliação da qualidade, mas em situações individuais não contribuem para a

garantia da qualidade do procedimento devido à complexidade de cada caso. Tal complexidade foi observada em nosso estudo e se reflete nas incertezas dos valores de KAP, obtidos nos grupos 1 e 2.

Pesquisadores relatam valores médios de KAP variando de 107 a 550 Gy.cm² e tempo de exposição de 12,6 a 135min em neuroembolização, valores estes comparáveis com os obtidos em nosso estudo. ^(69, 80-87)

Em procedimentos de embolização hepática, pesquisas relatam valores médios de KAP de 289 a 400 Gy.cm² e tempo de exposição de até 25 minutos, valores estes comparáveis com os obtidos em nosso estudo considerando as incertezas da medida.

Miller et al., conduziu um estudo no qual realizou 90 procedimentos de embolização uterina obtendo valor médio de KAP de 400 Gy.cm² e tempo de fluoroscopia de 36 min em média, sugerindo semelhança entre os protocolos utilizados uma vez que os valores de KAP e tempo são próximos. ⁽⁶⁹⁾

A exemplo de outros pesquisadores, os resultados dos valores de tempo de fluoroscopia, KAP fluoroscopia, KAP aquisição, KAP acumulado, total de imagens adquiridas nos procedimentos foram também apresentados em terceiro quartil e mediana devido à distribuição assimétrica dos dados coletados, considerando ainda a dispersão das doses em função da complexidade dos procedimentos intervencionistas. ^(76, 81, 88)

Os relatos de lesões cutâneas provenientes dos efeitos dos raios X, coincidem com a época da introdução dos procedimentos de intervenção por fluoroscopia ⁽⁴⁷⁾.

O valor de KAP é um indicador para riscos estocásticos, mas não é ideal como indicador para as reações teciduais na pele.

Um método simples que permite avaliar a dose máxima na pele com certa eficiência é utilizar o filme radiocrômico em pacientes expostos ao tratamento de embolização de aneurisma cerebral ^(7, 80). O uso do filme radiocrômico tem a vantagem de fornecer uma imagem da distribuição da dose na pele. A qualidade da medida depende de uma apropriada calibração do filme. A exemplo de outros

pesquisadores, utilizamos o filme radiocrômico para avaliação das doses máximas na pele nos procedimentos de neuro e quimioembolização hepática. ^(78-84,88)

Em nosso estudo obtivemos valores médios de dose máxima na pele inferiores aos valores citados no TECDOC 1641 da IAEA, cujo levantamento de dados foi efetuado em seis diferentes países, conforme tabela 10. ⁽⁸⁸⁾

Tabela 10: Resultados de dose máxima na pele dos pacientes segundo projeto da IAEA.

Dose máxima na pele do paciente				
	Neuroembolização		Quimioembolização Hepática	
	Variação	Média	Variação	Média
Este estudo	0,16 Gy a 1,4 Gy	0,72 Gy	0,31 Gy a 2,35 Gy	0,85 Gy
*TECDOC 1641	0,21 Gy a 3,2 Gy	1,9 Gy	0,03 Gy a 3,08 Gy	1,8 Gy

*A *All India Institute of Medical Sciences Hospital, New Delhi, India*

*B *Santa Maria Hospital, Udine, Italy*

*C *Aichi Medical University Hospital, Aichi, Japan*

*D *University of Malaya Medical Center, Kuala Lumpur, Malaysia*

*E *King Chulalongkorn Memorial Hospital, Bangkok, Thailand*

*F *University of Ankara, Faculty of Engineering, Department of Engineering Physics, Turkey*

Em estudo feito avaliando dose máxima na pele (PSD) com filmes radiocrômicos em procedimentos de cineangiocoronariografia, foi descrito como “boa” a correlação entre o tempo de fluoroscopia e a dose máxima na pele. Ainda nesse estudo foi relatado que a correlação entre o KAP e PSD é mais “forte”. ⁽⁸⁷⁾ Alguns trabalhos, descritos na tabela 11, mostram resultados opostos quando se referem à correlação do KAP com o tempo de fluoroscopia. ⁽⁸⁵⁾

D'Ercole relata que muitas vezes há uma correlação “razoável” entre a PSD e a KAP. Isso possibilita identificar, a partir do nível de KAP, se é provável que a PSD pode atingir ou ultrapassar o limiar de dose, para reações teciduais. ⁽⁷⁾

Confirmamos em nossos resultados que não há uma boa correlação entre tempo e PSD, porém há uma boa correlação entre KAP e PSD.

Tabela 11: Resultados de pesquisas que descrevem a correlação (R^2) entre PSD, KAP e tempo de exposição.

	<i>Este estudo</i>	<i>IAEA- TECDOC 1641</i>		<i>D'ercle L. et al.</i>
Correlação	Embolizações (*G1 + *G2)	Embolização Hepática	Neuroembolização	Neuroembolização
PSD/KAP	0,7	0,64	0,53	0,77
PDS/Tempo	0,24	0,14	0,42	0,61
KAP/tempo	0,09	0,11	0,68	

*G1 (Neuro), *G2 (Quimioembolização Hepática)

Os dados demonstram que somente os valores de tempo de fluoroscopia ou valores de KAP analisados isoladamente não são suficientes para definir ações relativas à assistência ao paciente, no caso de procedimentos com altas doses ou tempo longo de exposição.

Segundo recomendações do Report NCRP 168, há dois níveis de ação que associam o limiar de KAP, kerma no ar e o tempo de exposição, conforme segue:

Nível de Notificação: >300 Gy.cm² para KAP, 3 Gy para kerma no ar e/ou 30min de fluoroscopia.

Nível de Dose Substancial (NDS): > 500 Gy.cm² para KAP; 5 Gy para kerma no ar e/ou 60min de fluoroscopia.

No primeiro caso o médico será notificado oficialmente e dará ciência à notificação. No caso de NDS, será efetuado registro e a notificação, bem como o acompanhamento médico para verificação de eventual reação na pele do paciente.

(90)

Observamos que 66% dos procedimentos realizados neste estudo atingiram o Nível de Notificação e 22,8% o Nível de Dose Substancial. Esses dados reinteram a importância do registro das doses apresentadas no console do equipamento e de sua análise para fins de identificação dos pacientes com evidências de reações teciduais os quais deverão ser assistidos e orientados.

Dos pacientes que foram monitorados com filme radiocrômico registramos em 4 casos KAP superior a 500 Gy.cm² e somente em um deles estimamos uma dose máxima superior a 2 Gy. Isto demonstra que o filme radiocrômico permite selecionar o paciente com risco de dano com base em valores mais precisos de dose. Sua utilização na rotina clínica do Hospital Universitario torna-se inviável devido a custos do processo, em geral, mas justificável em situações individuais que requerem altas doses em pacientes. O corpo clínico faz o acompanhamento do paciente que recebeu na pele dose superior a 2Gy e até o momento não foram observadas reações teciduais.

Os riscos de efeitos estocásticos dos indivíduos expostos ocupacionalmente, são em geral avaliados por meio de monitores de doses posicionados na região torácica. No Brasil é utilizado um único dosímetro sobre as vestimentas plumbíferas nos procedimentos intervencionistas, segundo normas da CNEN. A IAEA recomenda que o controle das doses ocupacionais seja efetuado não só na região do tronco, mas também nas regiões dos olhos e mãos. ⁽⁹¹⁾

Clairand et al., relatam que os dosímetros pessoais ativos (APDs) são capazes de fornecer uma resposta adequada, quando utilizados raios X pulsados de baixa energia. ⁽⁹²⁾

Segundo o fabricante, o Instadose é um pequeno dispositivo, robusto baseado na tecnologia patenteada de armazenamento de íons direto e é credenciado pelo Programa Nacional de Voluntariado de Acreditação de Laboratórios (*National Voluntary Laboratory Accreditation Program*) (NVLAP) por meio do *National Institute of Standards and Technology* (NIST). ⁽⁹³⁾ Vem sendo utilizado nos Estados Unidos para fins de controle ocupacional.

Com a utilização dos dosímetros InstadoseTM de fabricação Mirion Technologies é possível armazenar o histórico de leituras de dose equivalente. A leitura pode ser obtida logo após a exposição sem ser necessário enviar dosímetros para um centro de processamento, o que simplifica a logística do processo de leitura. ⁽⁷⁹⁾

Outros pesquisadores vêm avaliando as doses ocupacionais utilizando dosímetros ativos devido à sua praticidade.

Apresentamos na tabela 12 os resultados deste trabalho comparado a resultados obtidos por outros pesquisadores. Verificamos que existem muitos fatores que interferem na comparação. O principal deles refere-se aos dispositivos de proteção individual e coletiva utilizados ou não na rotina clínica. A IAEA recomenda e relata que o uso de equipamentos de proteção é indispensável. O uso do equipamento de proteção individual reduz a dose dos profissionais na sala do exame.

Outros fatores relevantes são: região em que o dosímetro é posicionado, o posicionamento do médico em relação à geometria do feixe e protocolo do exame. Apesar dessas possíveis variações não obtivemos diferenças relevantes, levando em consideração as incertezas das medidas, conforme pode ser observado na tabela 12.

Ressaltamos que todas as leituras efetuadas com o dosímetro Instadose foram registradas em Hp10, pois não havia sido calibrado especificamente para Hp3. Devido a isto chamamos de doses avaliadas na região dos olhos do médico e não de dose no cristalino. No Brasil não há ainda um protocolo de calibração de dosímetros para monitoração de doses no cristalino oferecido pelos laboratórios credenciados.

Tabela 12: Dose equivalente no médico em diferentes regiões monitoradas durante os procedimentos intervencionistas.

Dose equivalente no médico (mSv)				
		Média		
		Olho Esquerdo	Torax	Tornozelo
Neuro Intervencionista	Este estudo	0,11	0,05	0,28
	Neuri et al.	0,055	0,03	0,128
	kemerink et al (2002)			0,379
	Bor et al (2008)	0,114	0,032	0,043
	Moritake et al (2008)	0,245	0,09	
		Olho esquerdo		
		Mediana	Quartil 3	
Neuro intervencionista	Este estudo	0,11	0,21	
	Vano, E. et al. (2015)	0,02	0,05	
Radiologia intervencionista	Vano, E. et al. (2015)	0,02	0,04	

Vano et al. relatam a importância de se conhecer a dose real e também as condições de trabalho nos procedimentos intervencionistas com o uso de fluoroscopia. Enfatizam que infelizmente os médicos não utilizam regularmente o dosímetro pessoal. Recomenda o uso de dosímetro de Controle fixado no arco C, a aproximadamente 95 cm de distância do isocentro. Referem que a monitoração neste ponto possibilita estimar a dose no cristalino de forma não precisa para os que não utilizam a monitoração rotineira dos olhos. Os autores comparam valores de doses de Controle medidas no arco C e dose equivalente no cristalino, obtendo uma relação de 30%, isto é, a dose no cristalino sem proteção é cerca de 30% da dose obtida no arco C e 6% com o uso de proteção.⁽⁹²⁾ Este dado é comparável ao resultado obtido em nosso estudo, cuja relação foi de 40%, considerando que a medida foi efetuada na região da órbita sem a proteção do óculos plumbífero.

Além dos riscos de lesões no cristalino como catarata, queda de pelos como alopecia, radiodermite, entre outros, pesquisadores estão identificando doenças cardiovasculares relacionadas ao uso da radiação. Vários estudos têm demonstrado os efeitos da radiação ionizante sobre os parâmetros hematológicos e função imunológica, sendo o elemento chave as células endoteliais, mas ainda há muito a ser pesquisado sobre os danos endoteliais causados por radiação^(2, 95, 96).

Análise de mortalidade de sobreviventes após a bomba atômica mostra que a exposição à radiação ionizante aumenta a mortalidade por doenças cardiovasculares, ou seja, acelera a degeneração dos vasos sanguíneos, porém outros dados epidemiológicos, que investigam a associação entre danos e doses baixas de radiação, não fornecem evidências claras de tal relação^(2, 97).

6 - CONCLUSÕES

O dosímetro ativo mostrou-se apropriado para avaliação de doses ocupacionais nos procedimentos de neurointervenção e endovascular de alta complexidade, que requerem altas taxas de exposição.

As doses recebidas pelo paciente e as doses ocupacionais apresentam grande variação em função das condições técnicas e operacionais de alta complexidade, inerentes aos procedimentos de embolização.

O uso de um dosímetro de Controle, posicionado no arco C, fornece informações complementares dos níveis de radiação secundária na sala.

Os valores de dose obtidos na região do tornozelo são mais altas, seguidos da região dos olhos e do tórax, sugerindo a importância da manutenção do uso rotineiro do saíote plumbífero acoplado à mesa como meio de proteção do indivíduo.

As doses para equipe de enfermagem alcançaram valores equivalentes a 30% das doses recebidas pela equipe médica.

Considerando os valores de terceiro quartil do grupo de maior dose registrada, as doses ocupacionais na equipe médica medidas na região do tórax sugerem que realizando 15 procedimentos semanais, esses profissionais podem acumular uma dose efetiva de 20 mSv em um ano.

No estudo com filmes radiocrômicos foi possível identificar a dose máxima de entrada na pele do paciente, permitindo uma avaliação mais criteriosa da dose na superfície da pele.

Os resultados corroboram a correlação entre PSD e KAP indicando que o valor de KAP apresentado no console do equipamento é relevante para o monitoramento da dose na pele ao longo do procedimento. Somente o registro do tempo de fluoroscopia, em geral rotineiramente efetuado, não é capaz de alertar o médico sobre o risco da exposição à radiação a doses superiores ao limiar de reações teciduais.

Procedimentos de embolização podem acarretar valores de KAP superior a 200Gy.cm^2 , como foi observado neste estudo. Portanto, o valor do KAP fornecido pelo equipamento pode ser um indicador para identificar os pacientes com evidências de reações teciduais os quais deverão ser assistidos e orientados.

Este trabalho apresenta resultados de doses em pacientes que podem contribuir para estabelecer níveis de referência local e informações para contínua vigilância em proteção radiológica no seguimento de radiologia intervencionista

7- ANEXOS



Departamento de Diagnóstico por Imagem
Universidade Federal de São Paulo



Coordenadoria de Física e Higiene das Radiações - CFHR

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa Estudo da dose absorvida nos tratamentos de malformação arteriovenosa cerebral por meio de embolização sob fluoroscopia.

Você deve estar ciente que o tratamento de doenças vasculares (embolizações) são realizados com auxílio dos raios X que podem causar danos na pele ou alopecia a depender da complexidade do tratamento.

O motivo que nos leva a estudar esse tema é minimizar o risco de radiolesões na pele dos pacientes em procedimentos de neurologia intervencionista e endovascular por meio da redução da exposição da radiação, bem como minimizar o risco de efeitos estocásticos tanto para os pacientes quanto para os indivíduos expostos ocupacionalmente (médicos). Serão avaliadas as exposições dos pacientes e da equipe médica, ter sob controle as condições operacionais do equipamento radiológico e otimizar a proteção radiológica nos procedimentos são nossos objetivos gerais.

Para tal, propomos estimar a dose na entrada da pele (crânio) dos pacientes em procedimentos de embolizações.

Será realizado levantamento de dados sobre tipos de intervenção em neurologia/endovascular, identificação de intervenções anteriores, identificação dos pacientes com maior exposição e predisposição a radiolesões e identificação dos dados importantes para exposição ocupacional.

O procedimento consiste em colocar um filme no crânio do participante, não interferindo no procedimento a ser realizado, para estimar a dose de radiação máxima absorvida na pele, não havendo nenhum desconforto ou risco e nenhum benefício direto do participante.

O médico será monitorado com dosímetros fixados na região temporal esquerda ou abdominal, não interferindo no procedimento a ser realizado, para estimar a dose ocupacional, não havendo nenhum desconforto ou risco e nenhum benefício direto ao participante.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.

As informações obtidas serão analisadas em conjunto com as de outros voluntários, não sendo divulgada a identificação de nenhum paciente.

O participante terá o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores.

Em relação às despesas e compensações: não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo `` **Estudo das doses recebidas por pacientes e equipe medica nas embolizações vasculares e neurológicas** `.

Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem

penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste serviço.

O participante tem livre acesso a fazer perguntas sobre suas dúvidas, ligando ao CEP – Comitê de Ética e Pesquisa e/ou Pesquisador / Núcleo de Radioproteção.

CEP – Unifesp : Rua Botucatu, 572 1andar CJ 14, Tel: 11-5539-7162 / 5571-1062

Núcleo Radioproteção / Pesquisador TNL Mdo Alvaro Vilas Boas Castilho
Tel: 11-5539-4208

Nome do paciente completo e legível

CPF do paciente: _____

Tel. _____

e-mail do paciente: _____

Assinatura do paciente ou representante legal

Data ____ / ____ / ____

Assinatura do médico

Para casos de voluntários menores de 18 anos, analfabetos, semianalfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo Data ____ / ____ / ____
TNL Mdo Alvaro A. Vilas Boas Castilho

8 - REFERÊNCIAS

1. Bushong SC. Workbook for Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection: Elsevier Health Sciences; 2013.
2. Sun Z, AbAziz A, Yusof AK. Radiation-induced noncancer risks in interventional cardiology: optimisation of procedures and staff and patient dose reduction. *Biomed Res Int*. 2013;2013:976962.
3. Bushong S. Ciência Radiológica para Tecnólogos: Elsevier Health Sciences; 2011.
4. Bushong SC. Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection: Elsevier Mosby; 2004.
5. Freysz M, Mertz L, Lipsker D. [Temporary localized alopecia following neuroradiological procedures: 18 cases]. *Ann Dermatol Venereol*. 2014;141(1):15-22.
6. Rehani MM, Ortiz-Lopez P. Radiation effects in fluoroscopically guided cardiac interventions--keeping them under control. *Int J Cardiol*. 2006;109(2):147-51.
7. D'Ercole L, Mantovani L, Thyron FZ, Bocchiola M, Azzaretti A, Di Maria F, et al. A study on maximum skin dose in cerebral embolization procedures. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007;28(3):503-7.
8. Faulkner K, Vano E. Deterministic effects in interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry*. 2001;94(1-2):95-8.
9. Gottschall CAM. 1929-2009: 80 Anos de cateterismo cardíaco - uma história dentro da história. *Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva*. 2009;17:246-68.
10. Bor D, Cekirge S, Turkay T, Turan O, Gulay M, Onal E, et al. Patient and staff doses in interventional neuroradiology. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;117(1-3):62-8.
11. Fletcher DW, Miller DL, Balter S, Taylor MA. Comparison of four techniques to estimate radiation dose to skin during angiographic and interventional radiology procedures. *J Vasc Interv Radiol*. 2002;13(4):391-7.
12. D'Alessio D, Giliberti C, Soriani A, Carpanese L, Pizzi G, Vallati G, et al. Dose evaluation for skin and organ in hepatocellular carcinoma during angiographic procedure. *J Exp Clin Cancer Res*. 2013;32:81.

13. Koenig TR, Mettler FA, Wagner LK. Skin injuries from fluoroscopically guided procedures: part 2, review of 73 cases and recommendations for minimizing dose delivered to patient. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;177(1):13-20.
14. Ukisu R, Kushihashi T, Soh I. Skin injuries caused by fluoroscopically guided interventional procedures: case-based review and self-assessment module. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;193(6 Suppl):S59-69.
15. Vano E, Arranz L, Sastre JM, Moro C, Ledo A, Garate MT, et al. Dosimetric and radiation protection considerations based on some cases of patient skin injuries in interventional cardiology. *Br J Radiol*. 1998;71(845):510-6.
16. Vano E, Gonzalez L, Beneytez F, Moreno F. Lens injuries induced by occupational exposure in non-optimized interventional radiology laboratories. *Br J Radiol*. 1998;71(847):728-33.
17. van Rooijen BD, de Haan MW, Das M, Arnoldussen CW, de Graaf R, van Zwam WH, et al. Efficacy of radiation safety glasses in interventional radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014;37(5):1149-55.
18. Verma S, Srinivas C, Thomas M. Radiation-induced temporary alopecia after embolization of cerebral aneurysm. *Indian J Dermatol*. 2014;59(6):633.
19. Jissendi Tchofo P, Rodesch G, Duret M, Baleriaux D. [Natural evolution of an aneurysm of the V4 segment of the vertebral artery into a giant aneurysm. A case report]. *J Neuroradiol*. 2002;29(4):275-80.
20. Teitelbaum GP, Larsen DW, Zelman V, Lysachev AG, Likhterman LB. A tribute to Dr. Fedor A. Serbinenko, founder of endovascular neurosurgery. *Neurosurgery*. 2000;46(2):462-9; discussion 9-70.
21. Fan QS, Huo XK, Wang MQ, Liu FY, Duan F, Wang ZJ, et al. Efficacy and safety of transcatheter chemoembolization of the internal thoracic artery in patients with hepatocellular carcinoma. *Chin Med J (Engl)*. 2011;124(9):1374-80.
22. Zhou Q, Huang T, Wang YF, Zhou XB, Liang LJ, Peng BG. Role of tissue factor in hepatocellular carcinoma genesis, invasion and metastasis. *Chin Med J (Engl)*. 2011;124(22):3746-51.
23. Livingstone RS, Mammen T, Gopi. Evaluation of radiation dose to patients during abdominal embolizations. *Indian J Med Sci*. 2005;59(12):527-33.

24. Flake GP, Andersen J, Dixon D. Etiology and pathogenesis of uterine leiomyomas: a review. *Environ Health Perspect.* 2003;111(8):1037-54.
25. Andreeva YY, Frank GA, Shikeeva AA, Moskvina LV, Kekeeva TV, Zavalishina LE, et al. [Intravascular leiomyomatosis]. *Arkh Patol.* 2015;77(3):51-6.
26. Colgan TJ, Pron G, Mocarski EJ, Bennett JD, Asch MR, Common A. Pathologic features of uteri and leiomyomas following uterine artery embolization for leiomyomas. *Am J Surg Pathol.* 2003;27(2):167-77.
27. Chiesa AG, Hart WR. Uterine artery embolization of leiomyomas with trisacryl gelatin microspheres (TGM): pathologic features and comparison with polyvinyl alcohol emboli. *Int J Gynecol Pathol.* 2004;23(4):386-92.
28. Chytka T, Liscak R, Kozubikova P, Vymazal J. Radiosurgery for Large Arteriovenous Malformations as a Single-Session or Staged Treatment. *Stereotact Funct Neurosurg.* 2015;93(5):342-7.
29. Dieng PA, Ba PS, Gaye M, Diatta S, Diop MS, Sene E, et al. Giant Arteriovenous Malformation of the Neck. *Case Rep Vasc Med.* 2015;2015:124010.
30. Mendes GA, Silveira EP, Caire F, Boncoeur Martel MP, Saleme S, Iosif C, et al. Endovascular Management of Deep Arteriovenous Malformations: Single Institution Experience in 22 Consecutive Patients. *Neurosurgery.* 2015.
31. Johnston SC, Higashida RT, Barrow DL, Caplan LR, Dion JE, Hademenos G, et al. Recommendations for the endovascular treatment of intracranial aneurysms: a statement for healthcare professionals from the Committee on Cerebrovascular Imaging of the American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology. *Stroke.* 2002;33(10):2536-44.
32. Russell JH, Kelson N, Barry M, Percy M, Fletcher DF, Winter CD. Computational fluid dynamic analysis of intracranial aneurysmal bleb formation. *Neurosurgery.* 2013;73(6):1061-8; discussion 8-9.
33. IAEA. Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students: International Atomic Energy Agency; 2013. Vienna
34. Stecker MS, Balter S, Towbin RB, Miller DL, Vano E, Bartal G, et al. Guidelines for patient radiation dose management. *J Vasc Interv Radiol.* 2009;20(7 Suppl):S263-73.

35. Cnen. Norma Cnen 3.01 [texto na Internet]. Brasília: Comissão Nacional de Energia Nuclear [citado 2016 Jun 30]. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/normas-tecnicas>.
36. Padovani R, Quai E. Patient dosimetry approaches in interventional cardiology and literature dose data review. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;117(1-3):217-21.
37. Delle Canne S, Carosi A, Bufacchi A, Malatesta T, Capperella R, Fragomeni R, et al. Use of GAFCHROMIC XR type R films for skin-dose measurements in interventional radiology: Validation of a dosimetric procedure on a sample of patients undergone interventional cardiology. *Phys Med*. 2006;22(3):105-10.
38. Neocleous A, Yakoumakis E, Gialousis G, Dimitriadis A, Yakoumakis N, Georgiou E. Dosimetry using Gafchromic XR-RV2 radiochromic films in interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;147(1-2):78-82.
39. Sanchez R, Vano E, Fernandez JM, Machado A, Roas N. Visual and numerical methods to measure patient skin doses in interventional procedures using radiochromic XR-RV2 films. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;147(1-2):94-8.
40. McCabe BP, Speidel MA, Pike TL, Van Lysel MS. Calibration of GafChromic XR-RV3 radiochromic film for skin dose measurement using standardized x-ray spectra and a commercial flatbed scanner. *Med Phys*. 2011;38(4):1919-30.
41. BALTER,S. Methods for measuring fluoroscopic skin dose. *Pediatric radiology*, v. 36, p.136-140,2006.
42. Bergeron P, Carrier R, Roy D, Blais N, Raymond J. Radiation doses to patients in neurointerventional procedures. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1994;15(10):1809-12.
43. Kuwayama N, Takaku A, Endo S, Nishijima M, Kamei T. Radiation exposure in endovascular surgery of the head and neck. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1994;15(10):1801-8.
44. Mooney RB, McKinstry CS, Kamel HA. Absorbed dose and deterministic effects to patients from interventional neuroradiology. *Br J Radiol*. 2000;73(871):745-51.
45. Theodorakou C, Horrocks JA. A study on radiation doses and irradiated areas in cerebral embolisation. *Br J Radiol*. 2003;76(908):546-52.

46. Struelens L, Vanhavere F, Bosmans H, Van Loon R, Mol H. Skin dose measurements on patients for diagnostic and interventional neuroradiology: a multicentre study. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;114(1-3):143-6.
47. Balter S, Hopewell JW, Miller DL, Wagner LK, Zelefsky MJ. Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair. *Radiology*. 2010;254(2):326-41.
48. ICRP. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures [serial on the Internet]. 2000 [cited 2016 Jun 30];30(2). Available from: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP>
49. D'Incan M, Roger H, Gabrillargues J, Mansard S, Parent S, Chazal J, et al. [Radiation-induced temporary hair loss after endovascular embolization of the cerebral arteries: six cases]. *Ann Dermatol Venereol*. 2002;129(5 Pt 1):703-6.
50. Wen CS, Lin SM, Chen Y, Chen JC, Wang YH, Tseng SH. Radiation-induced temporary alopecia after embolization of cerebral arteriovenous malformations. *Clin Neurol Neurosurg*. 2003;105(3):215-7.
51. Norbash AM, Busick D, Marks MP. Techniques for reducing interventional neuroradiologic skin dose: tube position rotation and supplemental beam filtration. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1996;17(1):41-9.
52. Huda W, Peters KR. Radiation-induced temporary epilation after a neuroradiologically guided embolization procedure. *Radiology*. 1994;193(3):642-4.
53. Podlipnik S, Giavedoni P, San-Roman L, Ferrando J. Square alopecia: a new type of transient alopecia of the scalp following fluoroscopically endovascular embolization. *Int J Trichology*. 2013;5(4):201-3.
54. Ciraj-Bjelac O, Beganovic A, Faj D, Ivanovic S, Videnovic I, Rehani M. Status of radiation protection in interventional cardiology in four East European countries. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;147(1-2):62-7.
55. Hart D, Wall BF. The UK national patient dose database: now and in the future. *Br J Radiol*. 2003;76(906):361-5.

56. Vano E, Fernandez JM, Sanchez RM, Dauer LT. Realistic approach to estimate lens doses and cataract radiation risk in cardiology when personal dosimeters have not been regularly used. *Health Phys.* 2013;105(4):330-9.
57. Jacob S, Boveda S, Bar O, Brezin A, Maccia C, Laurier D, et al. Interventional cardiologists and risk of radiation-induced cataract: results of a French multicenter observational study. *Int J Cardiol.* 2013;167(5):1843-7.
58. Vano E, Kleiman NJ, Duran A, Romano-Miller M, Rehani MM. Radiation-associated lens opacities in catheterization personnel: results of a survey and direct assessments. *J Vasc Interv Radiol.* 2013;24(2):197-204.
59. Roguin A, Goldstein J, Bar O. Brain tumours among interventional cardiologists: a cause for alarm? Report of four new cases from two cities and a review of the literature. *EuroIntervention.* 2012;7(9):1081-6.
60. Roguin, A.; Gold, Stein, J.; Bar, O and Goldstein, J. A. Brain and neck tumors among physicians performing interventional procedures. *American Journal of Cardiology*, v.111,p.1368-1372, 2013.
61. Gray JE, Archer BR, Butler PF, Hobbs BB, Mettler FA, Jr., Pizzutiello RJ, Jr., et al. Reference values for diagnostic radiology: application and impact. *Radiology.* 2005;235(2):354-8.
62. Amis ES, Jr., Butler PF, Applegate KE, Birnbaum SB, Brateman LF, Hevezi JM, et al. American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine. *J Am Coll Radiol.* 2007;4(5):272-84.
63. ICRP 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP.* 1991;21(1-3):1-201.
64. Harding K, Thomson WH. Radiological protection and safety in medicine - ICRP 73. *Eur J Nucl Med.* 1997;24(10):1207-9.
65. ICRP The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP.* 2007;37(2-4):1-332.
66. ICRP Publication 105. Radiation protection in medicine. *Ann ICRP.* 2007;37(6):1-63.

67. Authors on behalf of I, Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, Hendry JH, Kleiman NJ, et al. ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs--threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. *Ann ICRP*. 2012;41(1-2):1-322.
68. Koutaloni M, Horrocks J. Justification in clinical radiological practice: a survey among staff of five London hospitals. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012;149(2):124-37.
69. Miller DL, Kwon D, Bonavia GH. Reference levels for patient radiation doses in interventional radiology: proposed initial values for U.S. practice. *Radiology*. 2009;253(3):753-64.
70. IAEA International Atomic Energy Agency. Report of a consultation on justification of patient exposures in medical imaging. *Radiat Prot Dosimetry*. 2009;135(2):137-44.
71. Malone J, Guleria R, Craven C, Horton P, Jarvinen H, Mayo J, et al. Justification of diagnostic medical exposures: some practical issues. Report of an International Atomic Energy Agency Consultation. *Br J Radiol*. 2012;85(1013):523-38.
72. Vano E, Jarvinen H, Kosunen A, Bly R, Malone J, Dowling A, et al. Patient dose in interventional radiology: a European survey. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;129(1-3):39-45.
73. Vano E, Gonzalez L. Approaches to establishing reference levels in interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry*. 2001;94(1-2):109-12.
74. Wall BF. Diagnostic reference levels--the way forward. *Br J Radiol*. 2001;74(885):785-8.
75. Alexander MD, Oliff MC, Olorunsola OG, Brus-Ramer M, Nickoloff EL, Meyers PM. Patient radiation exposure during diagnostic and therapeutic interventional neuroradiology procedures. *J Neurointerv Surg*. 2010;2(1):6-10.
76. Marshall NW, Chapple CL, Kotre CJ. Diagnostic reference levels in interventional radiology. *Phys Med Biol*. 2000;45(12):3833-46.
77. Bouffler S, Ainsbury E, Gilvin P, Harrison J. Radiation-induced cataracts: the Health Protection Agency's response to the ICRP statement on tissue reactions and recommendation on the dose limit for the eye lens. *J Radiol Prot*. 2012;32(4):479-88.

78. Rehani MM, Vano E, Ciraj-Bjelac O, Kleiman NJ. Radiation and cataract. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;147(1-2):300-4.
79. Instadose [homepage on the Internet]. California: Mirion Technologies; c2014 [citado 2016 Jun 30]. Disponível em: <https://www.instadose.com/>
80. D'Ercole L, Thyron FZ, Bocchiola M, Mantovani L, Klersy C. Proposed local diagnostic reference levels in angiography and interventional neuroradiology and a preliminary analysis according to the complexity of the procedures. *Phys Med*. 2012;28(1):61-70.
81. Aroua A, Rickli H, Stauffer JC, Schnyder P, Trueb PR, Valley JF, et al. How to set up and apply reference levels in fluoroscopy at a national level. *Eur Radiol*. 2007;17(6):1621-33.
82. Brambilla M, Marano G, Dominietto M, Cotroneo AR, Carriero A. Patient radiation doses and references levels in interventional radiology. *Radiol Med*. 2004;107(4):408-18.
83. Verdun FR, Aroua A, Trueb PR, Vock P, Valley JF. Diagnostic and interventional radiology: a strategy to introduce reference dose level taking into account the national practice. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;114(1-3):188-91.
84. Schueler BA, Kallmes DF, Cloft HJ. 3D cerebral angiography: radiation dose comparison with digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005;26(8):1898-901.
85. Mettler FA, Jr., Voelz GL. Major radiation exposure--what to expect and how to respond. *N Engl J Med*. 2002;346(20):1554-61.
86. Mahesh M. Fluoroscopy: patient radiation exposure issues. *Radiographics*. 2001;21(4):1033-45.
87. Waite JC, Fitzgerald M. An assessment of methods for monitoring entrance surface dose in fluoroscopically guided interventional procedures. *Radiat Prot Dosimetry*. 2001;94(1-2):89-92.
88. IAEA-TECDOC 1641. Patient Dose Optimization in fluoroscopically Guided Interventional Procedures: final report of a coordinated research project. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2010.

89. Giordano C, D'Ercole L, Gobbi R, Bocchiola M, Passerini F. Coronary angiography and percutaneous transluminal coronary angioplasty procedures: Evaluation of patients' maximum skin dose using Gafchromic films and a comparison of local levels with reference levels proposed in the literature. *Phys Med*. 2010;26(4):224-32.
90. Mahesh M, National Council on Radiation P, Measurements. NCRP 168: its significance to fluoroscopically guided interventional procedures. *J Am Coll Radiol*. 2013;10(7):551-2.
91. IAEA. Radiation Protection of Patients (RPOP) [homepage on the Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; c2013 [cited 2016 Jun 30]. Available from: <https://rpop.iaea.org/RPoP/RPoP/Content/index.htm>.
92. Clairand I, Struelens L, Bordy JM, Daures J, Debroas J, Denozieres M, et al. Intercomparison of active personal dosimeters in interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;129(1-3):340-5.
93. Michel R, Perle SC. Effective dose equivalent estimates in diagnostic radiology with single dosimetry. *Health Phys*. 2000;79(2 Suppl):S17-9.
94. <http://ns-files.iaea.org/video/rpop-webinar-4may.mp4> (01-07-2016 as 7h)
95. Tsuya A, Wakano Y, Otake M. Capillary microscopic observation on the superficial minute vessels of atomic bomb survivors, 1956-1957. *Radiat Res*. 1971;46(1):199-216.
96. Fajardo LF. The unique physiology of endothelial cells and its implications in radiobiology. *Front Radiat Ther Oncol*. 1989;23:96-112.
97. Shimizu Y, Kato H, Schull WJ, Hoel DG. Studies of the mortality of A-bomb survivors. 9. Mortality, 1950-1985: Part 3. Noncancer mortality based on the revised doses (DS86). *Radiat Res*. 1992;130(2):249-66.

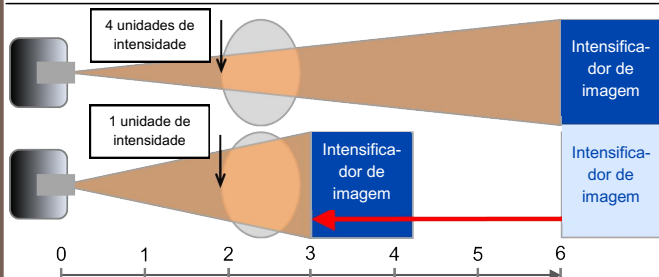
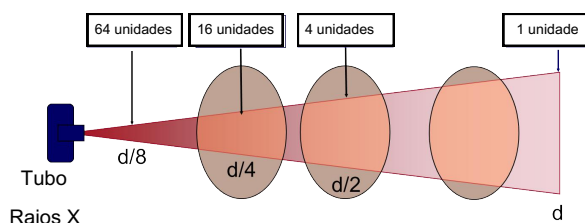
ABSTRACT

Objective: To estimate doses during occupational exposure in embolization procedures, as well as maximum doses on patients skin in neurological, hepatic and uterine embolization procedures. **Methods:** There were evaluated ninety-two procedures in which thirty patients underwent cerebral embolization, other fifty to chemoembolization and twelve to embolization of uterine myoma. In twenty-eight of them radiochromic films were used, around head, called group 1 and in the abdomen / pelvis region, called group 2, in order to estimate the maximum dose on skin (PSD). The total time of exposure values, number of images and values of Kerma-area products (DAP in Gy.cm²) for fluoroscopy and cineradiography (cine) were registered for each procedure. Occupational doses on physicians team were measured in the left temporal region, anterior and posterior regions of chest and left ankle using active dosimeters. A reference dosimeter was fixed in the center of the arch C. The doses on nursing team were evaluated on the anterior and posterior regions of chest. **Results:** The 3rd quartile values (median) for KAP, considering the patients who underwent embolization of groups 1 and 2 were 408.1 (235.3) Gy.cm² and 584.4 (449.4) Gy.cm² for total dose. The total exposure time was 36.1 (24.8) minutes for group 1 and 34.5 (32.5) minutes for group 2, and the number of images acquired in cine mode ranged from 87 to 1179 between the groups. The 3rd quartile values (median) for occupational doses on groups 1 and 2 were 0.35 (0.21) mSv (eye region), 0.25 (0.15) mSv (chest) and 1.47 (0.64) mSv (ankle). For nursing team the occupational doses were 0.06 (0.05) mSv on anterior chest region. Doses for posterior chest have not overcome the natural radiation levels. The PSD value obtained in vascular procedures was 1004.4 (786.4) mGy between groups 1 and 2. **Conclusions:** Occupational doses in the eye region were higher when compared to the chest, which demonstrates the importance of proper eye protection such as plumbiferous glasses and suspended guard shield. The values obtained in the ankle region were the highest among the measured points, suggesting the need of using the plumbiferous skirt attached to the table. The nursing team doses were lower compared to the physician ones. The PSD values were lower to the threshold for tissue reactions when compared to those reported in the literature, however the risks should not be neglected considering the uncertainties related to the number of cases studied and the high complexity of the procedures.

Apêndice I

10 Recomendações para proteção de **pacientes** em fluoroscopia

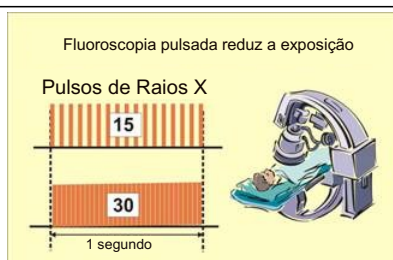
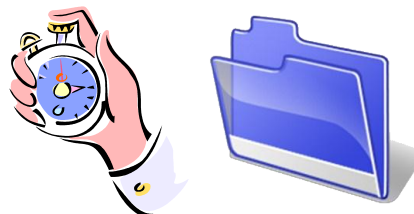
1. Maximizar na medida do possível, a distância entre o tubo de raios X e o paciente



2. Minimizar a distância entre o paciente e o intensificador de imagem

3. Minimizar o tempo de fluoroscopia

Arquivar os dados de tempo de fluoroscopia e se DAP/KAP está disponível para cada paciente



4. Use fluoroscopia pulsada com a menor quantidade de pulsos possível para obter imagens com qualidade aceitável

5. Evite expor a mesma região da pele nas diferentes projeções

Mude o ponto de entrada do feixe girando o tubo em torno do paciente

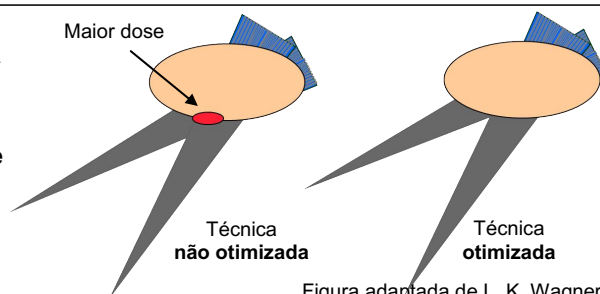


Figura adaptada de L. K. Wagner



[Poster Relacionado!](#)

10 Recomendações para a proteção do **staff** em fluoroscopia

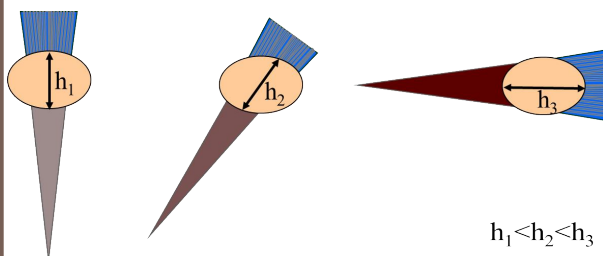
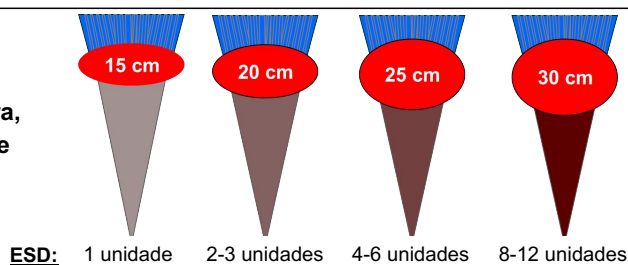
<http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/poster-staff-radiation-protection-pt.pdf>

<http://rpop.iaea.org>

Página 1 de 2
Fluoroscopia
Proteção Radiológica dos Pacientes

10 Recomendações para proteção de **pacientes** em fluoroscopia

6. Pacientes de maior espessura, requerem um aumento da dose na entrada da pele (ESD)



7. Projeções oblíquas também aumentam a ESD

Note que o aumento da ESD aumenta a probabilidade de dano na pele

INTENSIFICADOR Campo visual (FOV)	Taxa de dose na entrada do paciente expressa em unidades
12" (32 cm)	100
9" (22 cm)	177
6" (16 cm)	400
4.5" (11 cm)	711

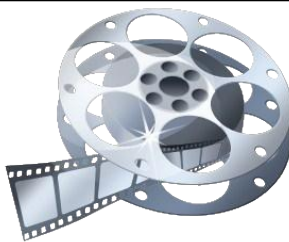
8. Evite o uso da ampliação

Diminuindo o campo visual em um fator 2, a dose é aumentada em uma fator 4

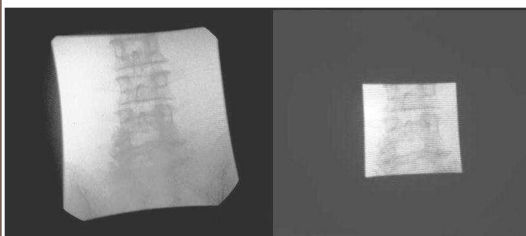
9. Minimize o número de quadros e o número de séries a um nível clinicamente aceitável

Evite usar o modo de aquisição se é possível usar fluoroscopia

Taxa de dose no modo cine $\approx (10-60) \times$ fluoroscopia taxa de dose



A documentação deve ser realizada com a última imagem fixa sempre que possível, **em vez de imagens do filme**



10. Use colimação

Colime o feixe de Raios X a área de interesse



RPOP
Radiation
Protection of
Patients

Poster Relacionado!

10 Recomendações para a proteção do **staff** em fluoroscopia

<http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/poster-staff-radiation-protection-pLpdf>

<http://rpop.iaea.org>

Página 2 de 2
Fluoroscopia

Proteção Radiológica dos Pacientes

Apêndice II

10 Recomendações para a proteção do **staff** em fluoroscopia

Toda redução de dose ao paciente representa uma redução de dose ao profissional

1. Use dispositivos de proteção!



São recomendados aventais plumbíferos de 2 peças para distribuir o peso. Com 0,25 mm de chumbo, a sobreposição na parte da frente será 0,5 mm e de 0,25

mm na parte de trás.

(Representa mais de 90% de proteção)



Óculos plumbíferos com proteção lateral



Protetor de tiróides

2. Lembre-se dos princípios:: tempo – distância - blindagem

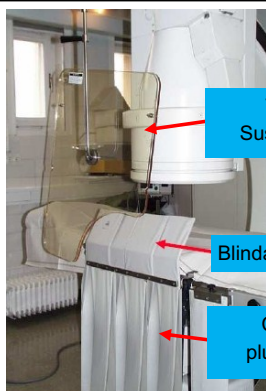
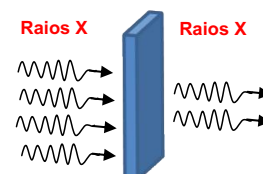
Minimize o tempo



Maximize a distância o quanto seja possível clinicamente



Use blindagem



Tela Suspensa

Blindagem lateral

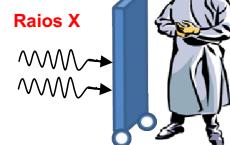
Cortina plumbífera

3. Use os visores plumbíferos de teto, as blindagens laterais e saíotes plumbíferos abaixo da mesa

Eles proporcionam uma redução da radiação espalhada em mais de 90%

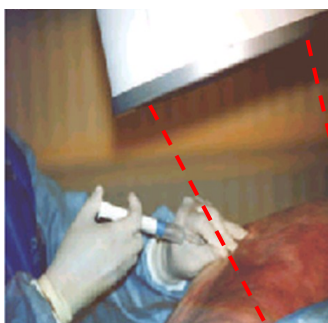
Blindagem móvel é aconselhável quando se trabalha no modo de aquisição "cine"

Blindagem Móvel



4. Mantenha suas mãos fora do feixe primário a menos que seja estritamente necessário

As mãos dentro do campo do feixe primário aumentará os parâmetros de exposição (kV, mA) e a dose ocupacional e do paciente



RPOP
Radiation
Protection of
Patients



ISEMIR
Information System on Occupational Exposure
in Medicine, Industry and Research

Poster relacionado!

10 Recomendações para a proteção de **pacientes** em fluoroscopia

<http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/poster-patient-radiation-protection-pt.pdf>

<http://rpop.iaea.org>

<http://www-ns.iaea.org/tech-areas/communication-networks/norp/isemir-web.htm>

Proteção Radiológica do Staff

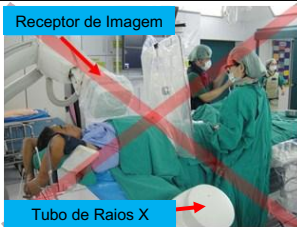
Página 1 de 2
Fluoroscopia

10 Recomendações para a proteção do **staff** em fluoroscopia

Toda redução de dose ao paciente representa uma redução de dose ao profissional



Correto!



Incorreto!

5. Somente 1-5% da radiação que incide na entrada do paciente é transmitida para o outro lado

Permaneça do lado oposto ao tubo de raios X pois menos que 1-5% da radiação incidente será transmitida

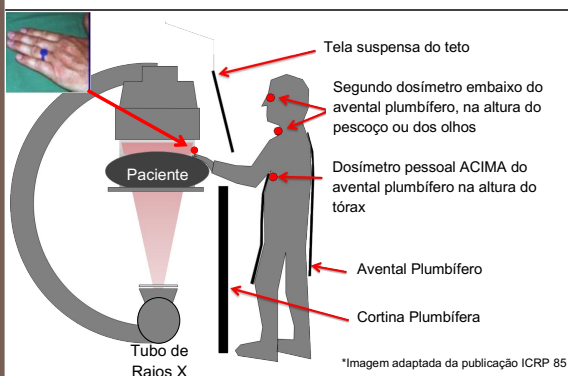
6. Mantenha o tubo de Raios X abaixo da mesa e não sobre ela
Desta maneira, se recebe menos radiação espalhada



Correto!



Incorreto!



*Imagem adaptada da publicação ICRP 85

7. Use seu dosímetro pessoal

Use ao menos **dois** dosímetros:

- Um **sob** o avental plumbífero na altura do tórax
- Outro **acima** do avental plumbífero na altura do pescoço ou dos olhos
- Um dosímetro adicional do tipo anel, para os procedimentos que requerem a exposição das mãos em torno do feixe primário

São úteis os sistemas de dosimetria pessoal em tempo real

8. Atualize periodicamente seus conhecimentos em proteção radiológica



9. Exponha suas dúvidas sobre radioproteção aos especialistas em proteção radiológica/especialistas em física médica

10. LEMBRE!

- O controle de qualidade dos equipamentos de fluoroscopia permitirá trabalhar de forma segura
- Conheça seu equipamento. Utilizar as características do equipamento de maneira apropriada ajudará a reduzir a dose ao paciente e a equipe
- Use bombas injetoras de meio de contraste automáticas



RPOP
Radiation
Protection of
Patients



ISEMIR
Information System on Occupational Exposure
in Medicine, Industry and Research

Poster relacionado!

10 Recomendações para a proteção de **pacientes** em fluoroscopia

<http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/poster-patient-radiation-protection-pt.pdf>

Página 2 de 2
Fluoroscopia

Proteção Radiológica do Staff

<http://rpop.iaea.org>

<http://www-ns.iaea.org/tech-areas/communication-networks/norp/ismir-web.htm>

Bibliografia consultada

IAEA – International Atomic Energy Agency

<https://www.iaea.org>