

Antonio Pires Filho

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE RADIOPROTEÇÃO EM
EXPOSIÇÃO MÉDICA E OCUPACIONAL EM RADIOLOGIA
INTERVENCIONISTA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para obtenção da certificação de Especialista pelo Programa de Pós-Graduação em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas do Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Lucía Viviana Canevaro
IRD/CNEN

Rio de Janeiro – Brasil
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – Comissão Nacional de Energia Nuclear
Coordenação de Pós-Graduação

2014

Ficha Catalográfica

Pires Filho, Antonio

Levantamento bibliográfico sobre radioproteção em exposição médica e ocupacional em radiologia intervencionista. / Antonio Pires Filho. – Rio de Janeiro, 2014.

viii, 44 f. : il 15. ; 29cm.

Orientador: Lucía Viviana Canevaro

Trabalho de Conclusão de Curso (Lato-Sensu) – Instituto de Radioproteção e Dosimetria. IRD, 2014.

Referências bibliográficas: f. 47-48.

1. Exposição medico-ocupacional. 2. Proteção Radiológica. 3. Radiologia Intervencionista. I. Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD . II. Título.

Antonio Pires Filho

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE RADIOPROTEÇÃO EM
EXPOSIÇÃO MÉDICA E OCUPACIONAL EM RADIOLOGIA
INTERVENCIONISTA.**

Trabalho de conclusão de curso de
Especialização em Proteção Radiológica e
Segurança de Fontes Radioativas apresentado
ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria –
IRD.

Orientador: D.Sc. Lucía Viviana Canevaro

Aprovada em, 30 de Setembro de 2014.

BANCA EXAMINADORA

D.Sc. Lucía Viviana Canevaro – IRD/CNEN

D.Sc.. Almir Faria Clain – IRD/CNEN

M.sc. Claudio Domingues de Almeida – IRD/CNEN

O presente trabalho foi desenvolvido no Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear, sob a orientação da Prof^a. Dr^a Lucía Viviana Canevaro.

AGRADECIMENTOS

À DEUS em primeiro lugar, a quem devo a minha frágil existência. Sem a sua presença e incontáveis bênçãos desde a possibilidade de estar neste curso, cada passo, cada dia, cada momento, cada parágrafo, cada linha, cada palavra deste trabalho não ocorreria e tão pouco fariam sentido.

Aos meus pais, Antonio Pires e Joselina Pacheco Pires, que tantas lutas enfrentaram em suas existências para dar aos seus filhos aquilo que mais prezavam: A educação; uma boa formação. A lembrança de suas falas e estímulos desde a mais tenra idade, ainda hoje, ecoam em meu coração especialmente quando recorro a falta de recursos e a penúria em que vivíamos. Estes fatos foram os alicerces para que concluísse as diversas etapas que me propus, inclusive este curso, que alude novos voos mais ousados.

À prof. Dr^a Lucía Canevaro, ilustre pesquisadora em física médica do IRD/CNEN, pela irrestrita orientação que possibilitou a realização deste modesto trabalho, o qual foi acolhido com muito interesse e carinho.

Especial agradecimento a todos os professores deste curso, que tão respeitavelmente nos acolheram desde o primeiro dia e com os quais compartilhamos os momentos mais preciosos de seus saberes de uma forma insegura, de nossa parte, mas firme e segura de suas partes.

A minha amável esposa Ângela Margarete, trazida a minha vida pelas mãos poderosas do Senhor DEUS, que tem cuidado de mim, durante todo tempo especialmente em momentos difíceis, de nossa abençoada vida conjugal, especialmente quando passei pelo desafio de revascularização miocárdica e também nas dificuldades do curso que ora concluo.

Aos meus filhos, enteados e netas, que são a razão de minhas lutas nesta vida de tantas dificuldades impostas e desafios propostos.

Às bibliotecárias do IRD, Maria Ignez Jaeger Ramos e Luciana Alves Vieira, tão solícitas e ajudadoras nas horas difíceis e árduas de buscas, sempre atentas, cuidadosas e cooperativas.

Finalmente, a todos os colegas, professores, pesquisadores e funcionários do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, em especial à Coordenação do Curso de Pós-Graduação Lato-Sensu Prof. Dr. Almir Klein, que de forma dedicada e vibrante, nos brindaram durante seis meses com a enorme experiência prática e grande variedade de conhecimentos teóricos e práticos em suas múltiplas áreas de saber, de pesquisa em proteção e segurança de fontes radioativas, especialmente de paciência, inigualáveis para com a nossa ignorância persistente durante todo o trajeto. Jamais esqueceremos os incontáveis momentos de ajuda prestada por todos, quando mais precisávamos.

A todos a nossa gratidão e o nossos agradecimentos irrestritos.

EPÍGRAFE

“Na verdade falei do que não sabia....
Eu TE conhecia de ouvir falar, mas agora
meus olhos TE veem. Por isto, me
arrependo e me abomino no pó da cinza.”

Jó 42:5-6

RESUMO

A radiologia intervencionista é um procedimento diagnóstico e terapêutico realizado por acesso percutâneo por anestesia ou sedação, que utiliza a fluoroscopia para localizar a lesão, monitorar e documentar o exame. Tais procedimentos provocam uma invasão mínima, o que propicia tanto o diagnóstico, quanto o tratamento das lesões, sem que se necessite de complexas cirurgias. Diante das técnicas, equipamentos e medidas de proteção radiológica que vem sendo empregados, existe o risco/detrimento associado ao uso da radiação ionizante em radiodiagnóstico médico intervencionista. O objetivo principal deste estudo é a discussão dos aspectos de proteção radiológica em radiologia intervencionista desde sua origem até as modernas e complexas técnicas aplicadas na atualidade,

ABSTRACT

Interventional Radiology is a diagnostic and therapeutic procedure performed by percutaneous access for anesthesia or sedation, which uses fluoroscopy to localise the lesion monitored, in the exam or treatment. Such procedures cause a minimal invasion, which provides both the diagnosis and the treatment of lesions, without need of complex surgery. According the techniques, equipment and radiological protection measures that have been employed, there is a risk associated to the use of ionizing radiation in diagnostic radiology Interventional physician. The main objective of this study is the discussion of aspects of radiological protection in interventional radiology since its origin to the modern and complex techniques applied at present.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
1.0 A DESCOBERTA DOS RAIOS X E SUA EVOLUÇÃO.....	02
1.1 Os tubos de raios x.....	04
1.2 A revolução causada à medicina	13
1.3 A medicina do século XX: A dependência da imagem radiográfica.....	14
1.4 O desenvolvimento da radiologia como subárea da medicina.....	15
1.5 O Brasil e a nova descoberta	16
2.0 RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA.....	17
2.1 Técnicas intervencionistas especiais.....	19
3.0 AS MODERNAS TÉCNICAS INTERVENCIONISTAS ATUAIS.....	20
4.0 RAIOS X: A DESCOBERTA DOS RISCOS.....	23
5.0 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.....	25
5.1 Relato de fatos relevantes.....	29
5.2 Proteção radiológica em radiologia intervencionista.....	30
6.0 FORMAÇÃO PROFISSIONAL E EDUCAÇÃO CONTINUADA.....	33
7.0 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
BIBLIOGRAFIA SUGERIDA.....	41

INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica, inicialmente com a eletrônica, microeletrônica, seguida da nanotecnologia*, embalada pela infotecnologia** vem procedendo a uma violenta evolução em todos os campos do saber e do fazer humano. A medicina tem experimentado todos esses avanços, especialmente na área de diagnóstico por imagens que, devido a tais avanços, hoje já executa tratamentos através da intervenção minimamente invasiva. A produção de imagens médicas utilizando diversas formas de energia criou e vem criando uma grande evolução na história da medicina. Uma das formas de produção da imagem para o diagnóstico e tratamento, utiliza a radiação ionizante em forma de raios X.

Dentre as aplicações dos raios X na medicina, a radiologia intervencionista tem tido uma considerável evolução ao longo do tempo, desde as suas origens. A radiologia intervencionista se define como aqueles procedimentos diagnósticos e/ou terapêuticos realizados por acesso percutâneo, sob anestesia local e/ou sedação, utilizando a fluoroscopia para localizar a lesão ou local de tratamento, monitorar o procedimento e controlar e documentar a terapia. [1] Estes procedimentos são minimamente invasivos, propiciando tanto o diagnóstico como o tratamento de doenças que antes impunham longas e complexas cirurgias. São procedimentos complexos que requerem equipamentos altamente sofisticados e especialmente projetados e implicam em elevadas exposições tanto ao pessoal envolvido no procedimento, tanto como ao paciente.[3] As técnicas empregadas, os equipamentos e as medidas de proteção têm evoluído significativamente ao longo do tempo. Esta evolução, em contrapartida, traz consigo os riscos e o detrimento devido o uso das radiações ionizantes em exposições médicas e ocupacionais. Um bom conhecimento da prática, do equipamento e de suas características são essenciais para a otimização da proteção radiológica.

O presente trabalho se propõe a discutir aspectos de proteção radiológica em radiologia intervencionista desde sua origem até as modernas e complexas técnicas aplicadas na atualidade.

* Nanotecnologia: É o estudo de manipulação da matéria numa escala atômica e molecular.

** Infotecnologia: Cultura de trabalho baseada em um grupo de modernas ferramentas de informática para a navegação, a busca, a revisão e o processamento da informação no formato digital.

1.0 A DESCOBERTA DOS RAIOS X E A SUA EVOLUÇÃO

Desde a segunda metade do século XIX, grandes pesquisadores experimentavam descargas elétricas em tubos de vidro. A descoberta do átomo agora propiciava novos voos no âmbito da física experimental, acelerada por descobertas como as verificadas por Thomas Edison, quem também investia nos estudos de descargas elétricas em tubos de vidro. Os denominados “raios catódicos” estavam sendo estudados em todo o mundo. Diversos pesquisadores buscavam entender este fenômeno e dedicavam grande parte de seu tempo a estes experimentos, dentre eles destacamos Crookes, Hittorf, Hertz e Lenard.

Consta que Hermann von Helmholtz [2], antes de Roentgen, concebeu as ondas de rádio e os raios X, especificando as propriedades destes últimos, inclusive o poder de atravessar corpos opacos à luz. Este estudo de Helmholtz induziu a dois outros físicos, Sir Oliver Lodge e Sir Joseph Thomson, a concluir que “os raios X pertencem ao mesmo espectro que o da luz, porém com comprimento de onda menor do que esta”.

Predominava em toda Europa o estudo da passagem da corrente elétrica de alta tensão em tubos rarefeitos, inicialmente com gases. Em 1876, o professor Eugen Goldenstein, deu à corrente de efeitos coloridos, visível entre os eletrodos do tubo rarefeito, o nome de “raios catódicos”, tal como Plucker já os denominara em 1859. Havia também, muita controvérsia sobre os raios catódicos no meio científico, pois pouco ou quase nada se sabia a cerca destes. Uns achavam que eram partículas elétricas negativas, de velocidade muito menor que a da luz, outros achavam que se tratava de variações no éter, cuja variação no interior do tubo se assemelhava ao violeta. Até que em 1897, Joseph Thomson, concluiu que os raios catódicos eram partículas com carga elétrica negativa.

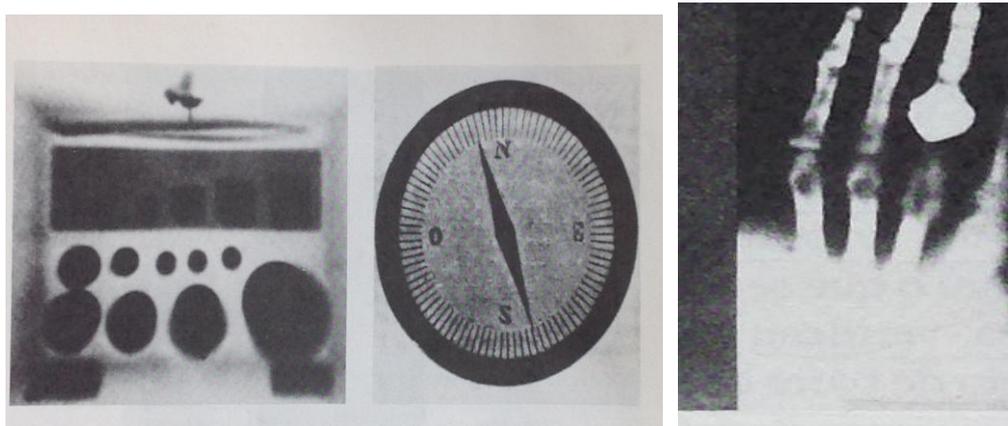
Estes fenômenos eram observados no interior do tubo de vidro, onde se localizava dois eletrodos de polarização diferentes, anodo e catodo, alimentados por uma bateria. O aparelho utilizado para estes estudos era composto de quatro elementos básicos: bateria, bobina de Ruhmkorff, tubo de descarga e bomba de vácuo.

A descoberta dos raios X ocorreu quando Roentgen resolveu testar a capacidade do tubo de Hittorf-Crookes de produzir fluorescência sobre o écran de platino cianeto de bário, nesta época muitos pesquisadores também conheciam e estudavam este fenômeno. Para isto, todos procediam de uma mesma forma: aproximavam o écran do tubo de raios catódicos e disparavam a descarga elétrica, o que fazia com que o écran produzisse

fluorescência. Nesta experiência, Roentgen resolveu criar um ambiente de escuridão em seu laboratório vedando janelas e portas. Além disto, envolveu o tubo de Crookes com uma cartolina preta, para que a luz emanada dos raios catódicos, não prejudicasse sua observação. Queria observar apenas a fluorescência do écran com a descarga de corrente no interior do tubo. Quando resolveu pegar o écran no qual disparara a descarga, que se encontrara a cerca de um metro do tubo, observou na escuridão da sala que uma tênue luz emanava do banco situado próximo. Neste momento pensou tratar-se de uma fagulha da descarga no interior do tubo refletida por um espelho, ou de uma letra “A”, desenhada por um aluno com platino cianeto de bário. Assim resolveu proceder outras descargas no interior do tubo, observando então que a fluorescência ocorria com a mesma frequência de flutuação das descargas que passavam pela bobina. Ao iluminar a sala observou que a luz que vira, emanava do écran de platino cianeto de bário, deixado sobre o banco. Concluiu então: Os raios catódicos não podem percorrer distancia maior do que aquela que era utilizada nas experiências anteriores entre o tubo e o écran (cerca de um metro). Nas experiências que todos realizavam, o écran era colocado próximo ou encostado ao tubo de vidro. Algo emanava do tubo e não eram os raios catódicos. O que se passava? De que se tratava? Porque isto estava ocorrendo? Este momento foi decisivo para a descoberta dos raios X. Estes questionamentos o levaram à reveladora e revolucionaria descoberta que mudou o rumo da medicina e da humanidade [2].

Concluiu que algo emanava do tubo de Hitorf-Crookes, que era mais penetrante que os raios catódicos, propagavam-se no meio exterior e provocava fluorescência no écran a distancias cada vez maiores do tubo. Presumiu então que esse certamente deveria atravessar meios de composição química diferente, e neles se propagaria. Estas duas conclusões foram definitivas para suas novas experiências. Assim, utilizou livros, folhas de estanho, madeira, interpostos entre o tubo e o écran e notou que a radiação que agora denominara “raios X”, por não conhecer a sua natureza, atravessava os corpos de natureza química diferente e opacos à luz visível.

Outras experiências se sucederam, com corpos de naturezas diferentes e em todos se verificou o mesmo princípio físico. Radiografou a mão de sua esposa, seu rifle, o conjunto de pesos, uma bússola, etc. **(Figura 1 e figura 2) [2]**



Figuras 1 e 2. Imagens obtidas por Roentgen durante suas experiências

1.1 OS TUBOS DE RAIOS X

OS PRIMEIROS TUBOS

A descoberta de raios X, como vimos, resultou do trabalho incansável de diversos pesquisadores que se dedicavam sistematicamente, em busca do aprofundamento de descargas elétricas nos tubos de Crooks, os quais não eram constituídos a vácuo, mas continham quantidades controladas de gás em seu interior [2].

CATODO E SEUS FILAMENTOS

O filamento desempenha grande função no tubo de raios X [2,4], tal como nos de raios catódicos. É nele que os elétrons são produzidos para num segundo momento serem atraídos, pela alta tensão estabelecida entre o anodo e o catodo, chocando-se com o alvo (anodo) e produzindo, pela interação física, radiações do tipo raios X. Diversos tipos de filamentos foram produzidos até os dias atuais, desde filamentos simples, dual ou mesmo filamentos flutuantes. Geralmente é produzido por tungstênio ou da liga tungstênio-tório. [2] Um dos problemas, ainda persistente nas falhas dos tubos de raios X é a vaporização do filamento de tungstênio, com a deposição na parede do tubo, em geral em sua parte mais baixa, devido à força gravitacional. Este fenômeno físico é denominado como metalização do tubo.

Para um melhor direcionamento do feixe de elétrons ao alvo (anodo), utiliza-se a *capa focalizadora* [4], que consiste em uma região de carga elétrica negativa, para

propiciar um confinamento do feixe emitido, sem que este, pelo principio de repulsão de cargas negativas, não venha a se dispersar dentro do tubo.

ANODO FIXO

William D. Coolidge, em 1913 revelou um novo tipo de catodo, denominado catodo quente o que o tornou muito mais eficiente que os tubos de Crookes. O filamento introduzido no catodo permitia seleccionar a corrente eléctrica para emissão de raios X. Os tubos de raios X atuais são refinamentos do tubo de Coolidge, que conjugado com o transformador de Snook [2], possibilitou a melhor “performance” na produção de raios X, por permitir a precisão da tensão (kV) e da corrente de filamento (mA).

A introdução de um alvo fixo formando o anodo também apresentou um avanço inigualável para a época. A evolução dada ao tubo de Coolidge possibilitou direcionar o feixe de raios catódicos para produção de raios X em um único ponto (região). (Figura 3).

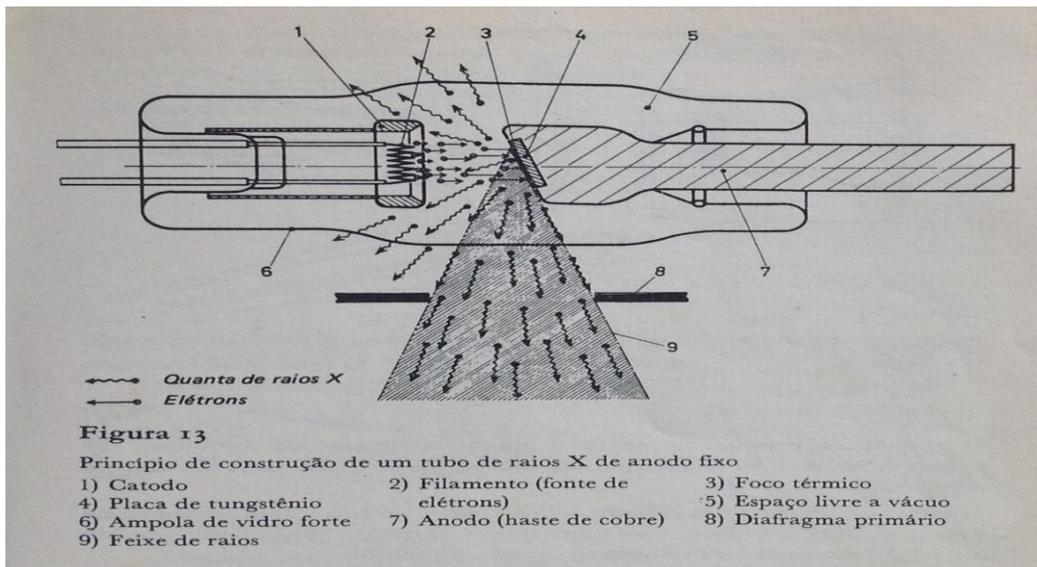


Figura 3. Foto do anodo fixo

OS NOVOS TUBOS DE RAIOS X

Na segunda parte do século XX, os tubos de raios X passaram por inúmeras e importantes modificações, sofrendo transformações diversas: em sua forma física (geometria) em seus elementos constituintes; no aperfeiçoamento do vácuo; no tipo e

forma de filamento (simples e duplo); no anodo, que deixou de ser fixo e passou a ser rotatório, de baixa (até 1.500 rpm), média (até 5.500 rpm) e alta rotação (até 10.000 rpm)

Os tubos atuais têm maiores dimensões: 30 a 50 cm de comprimento; 20 cm de diâmetro; anodo de 100 a 140 mm. A maioria é constituída de vidro especial (em geral pirex com janela de berílio) (Figura 4) [3,4]

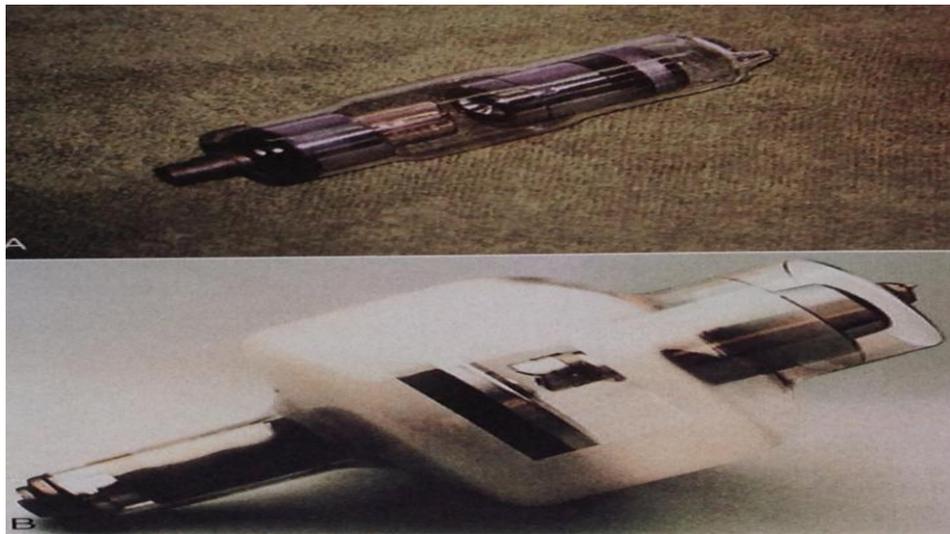


Fig. 4: Tubos de raios x: (A) com anodo fixo, (B) com anodo giratório

Uma evolução considerável nos tubos de raios X utiliza metal em substituição ao vidro, em parte ou no todo, o que permite um potencial constante o que impacta numa vida útil mais longa e são menos sujeitos a falhas [3]. Atualmente, todos os tubos de raios X de alta capacidade, tais como tubos para TC e exames intervencionistas, utilizam ampolas de metal. [3,4]

A EVOLUÇÃO DOS ANODOS

Grandes foram os avanços, até os dias atuais no que se refere aos anodos de tubos de raios X, conforme mostraremos abaixo, a evolução destes elementos foi impulsionada pela necessidade de um melhor rendimento, durabilidade, das aplicações e suas demandas específicas. Nos dias atuais não se concebe um tubo de raios X de mesma constituição física para aplicações diferentes como tomografia computadorizada, radiologia intervencionista, radiologia geral, odontologia ou mamografia. Cada uma das aplicações

clínicas impõe um tipo específico de tubo de raios X, sua constituição, seu dimensionamento físico e térmico, bem como de cada um de seus elementos constituintes.

O tipo de tubo de raios X e sua constituição, *impacta* substancialmente nas características do feixe de raios X produzido, em seu espectro e por consequência na *maior ou menor exposição radiológica* do paciente e dos profissionais ocupacionalmente expostos. Assim, estudá-lo é assunto de grande valia para a proteção radiológica. [4]

CONSTITUIÇÃO DOS ANODOS

As pesquisas no âmbito dos projetos de tubos de raios X têm oferecido alternativas diversas para as igualmente demandas diversas que se apresentam todos os dias. Seus objetivos são diversos, mas, podemos elencar alguns dos mais importantes: durabilidade, melhor formação da imagem, redução da dose no paciente, custo, dentre outros. O tungstênio (W) é o material escolhido para a formação do anodo da maioria dos tubos de raios X, por três razões principais: alto peso atômico ($Z=74$); alta condutividade térmica (quase igual a do cobre); alto ponto de fusão (3.400°C) [4].

ANODO PRÉ-RACHADO

São anodos especiais destinados às grandes demandas energéticas, como por exemplo hemodinâmica ou tomografias planares circulares, elípticas, hipocicloidas e tomografia computadorizada e radiologia intervencionista, que foram fabricados com fendas em sua estrutura para propiciarem uma melhor dissipação térmica e maior durabilidade sem que, pela dilatação, venha rachar precocemente (Figura 5). [4]

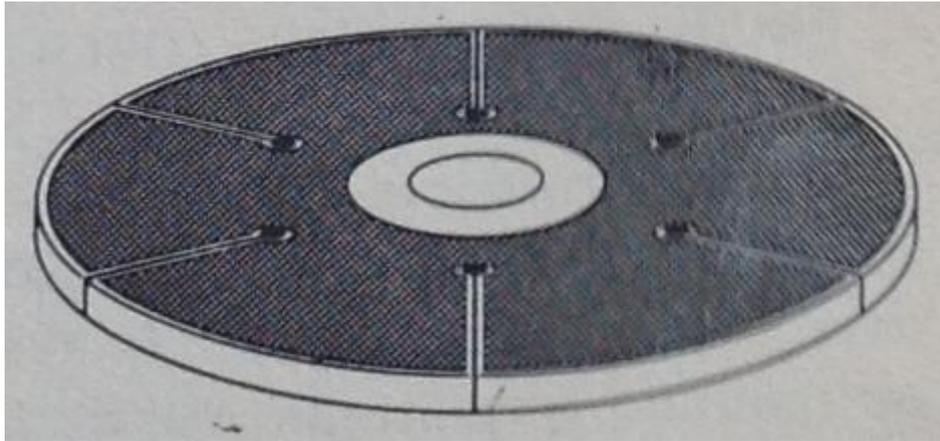


Fig. 5: Foto de anodo pré-rachado

ANODO COM CAMADA DE GRAFITE

Outra evolução na produção dos tubos de raios X, visando sua durabilidade, foi a camada de grafite adicionada na parte posterior do anodo com a finalidade de propiciar uma melhor fluxo de dissipação térmica ao prato anódico (Figuras 6 e 7) [3,4]

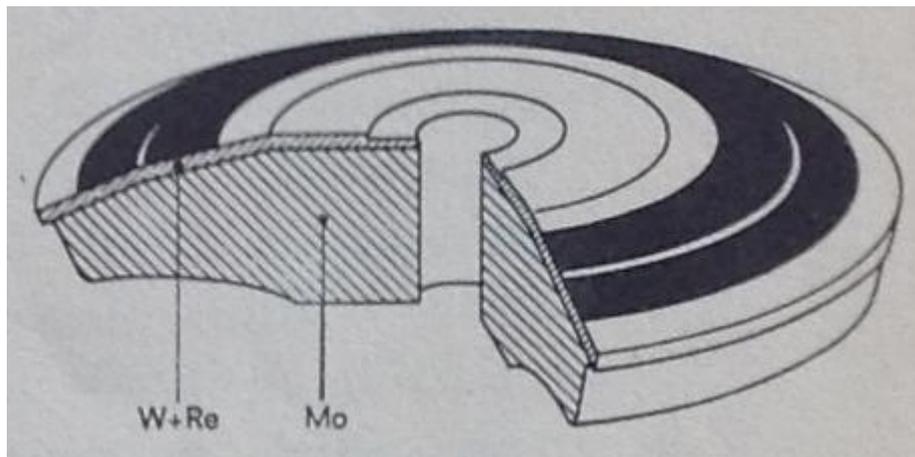


Fig. 6: Anodo com camada de Tugnstênio, Rênio e Molibdênio

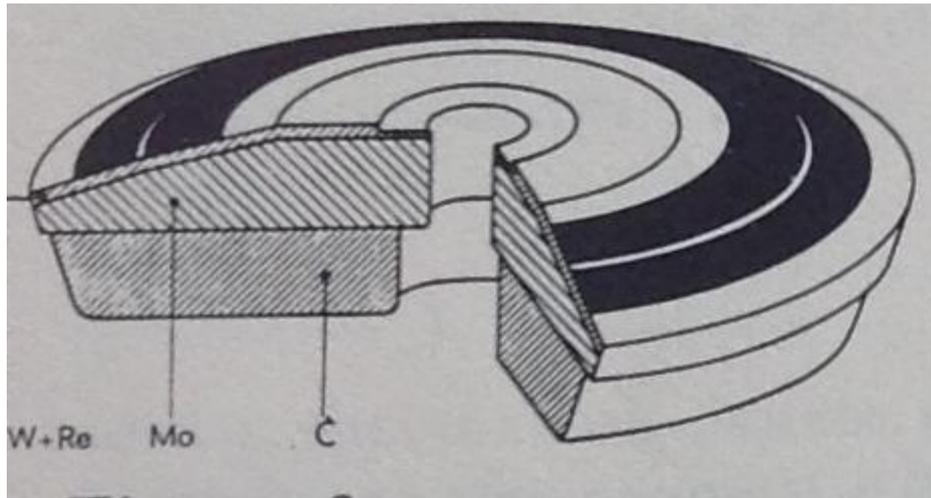


Fig. 7: Anodo com Tungstênio Rênio, Molibdênio e Carbono

ANODO COM ANGULAÇÕES DIVERSAS

Diversas são as angulações possíveis para um anodo, nos dias atuais, as mais usuais variam de 12° à 21°, e são definidas pelas características do uso, tipos de exames, etc. A grande maioria dos tubos são denominados biangulix,[3,4] ou seja possuem dois filamentos e duas pistas anódicas, superpostas ou não (Tabela 1). Há, ainda, os tubos especiais com foco flutuante, muito utilizado em cardiologia e radiologia intervencionista.

Tabela 1 Tamanho dos pontos focais
(cortesia Editora Elsevier)

DIMENSÕES NOMINAIS DO PONTO FOCAL (mm)			MEDIDAS ACEITÁVEIS DO TAMANHO DO PONTO FOCAL (mm)		
Largura	x	Comprimento	Largura	x	Comprimento
0,1	x	0,1	0,15	x	0,15
0,3	x	0,3	0,45	x	0,65
0,4	x	0,4	0,6	x	0,85
0,5	x	0,5	0,75	x	1,1
1,0	x	1,0	1,4	x	2,0
2,0	x	2,0	2,6	x	3,7

ANODO ROTATÓRIO

Outra inovação altamente significativa para melhor durabilidade dos tubos de raios X modernos foi a introdução dos anodos giratórios, que melhoraram substancialmente a

dissipação térmica produzida no anodo. Há tubos de baixa rotatividade 2.000 rpm, média rotatividade 3.600 rpm e alta rotatividade 10.000 rpm (Figura 8). [3]

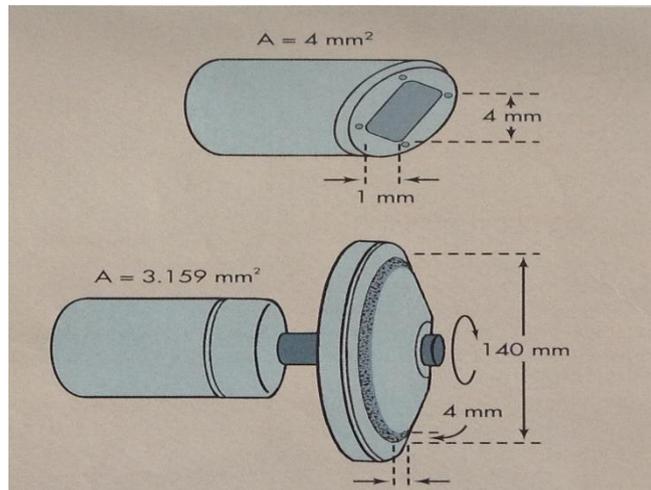


Fig. 8: Representação de um anodo fixo e rotatório.
(cortesia Editora Elsevier)

SISTEMA DE RESFRIAMENTO

A produção de raios X, em torno de 1%, é seguida de uma grande produção de calor, cerca de 99% [3,4] exigindo um eficiente sistema de refrigeração. Inicialmente se utilizava tão somente as propriedades termo condutoras do cobre e a temperatura ambiente, para tal. Posteriormente se passou a utilizar óleo especial dentro da carcaça, (entre a carcaça e o tubo de vidro) para auxiliar o transporte, por condução do calor. Depois se acrescentou a ventilação mecânica colocando-se um ventilador instalado do lado da carcaça onde fica o anodo. Atualmente, os tubos de maiores potências, utilizados em hemodinâmica, radiologia intervencionista e TC, são refrigerados a óleo ou a água corrente, utilizando radiador especialmente projetado para este fim. (Figura 9).

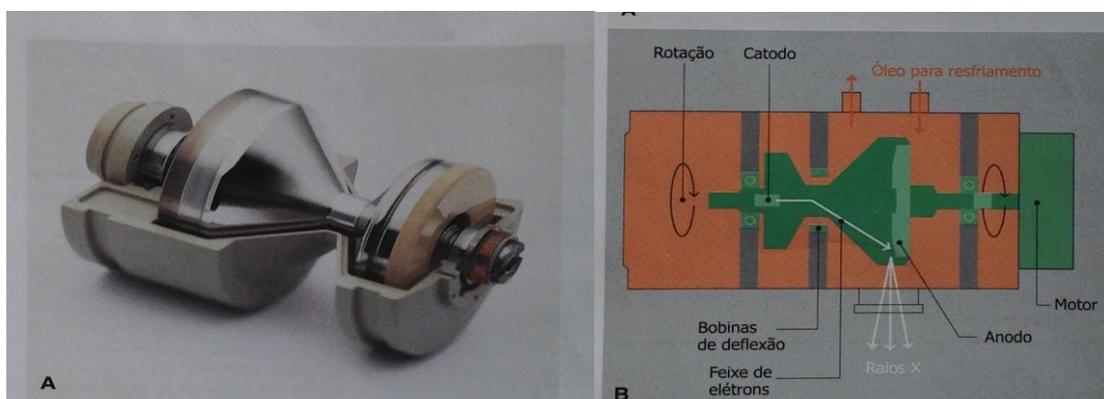


Fig. 9: Refrigeração a óleo (A) Corte da carcaça (B) Corte esquemático de uma carcaça
(cortesia Editora Elsevier)

VÁCUO

Por volta de 1850, Guilherme Morgan, Johann Heinrich Geissler, Julius Plucker, Johann Wilhelm Hittorf, William Crookes, Henrich Ruldof Hertz, James Clerk Maxwell, Hermann von Helmholtz e Philipp Lenard, realizavam pesquisas sobre descargas em tubos de vidro. Produziram tubos e fizeram inúmeras experiências que serviram como base para os trabalhos de Roentgen.

A tecnologia do vácuo teve início no século XVII, em torno do ano 1600, Galileu foi convidado para solucionar o fato de que as bombas aspirantes que não conseguiam elevar a coluna de água a alturas maiores do que 10,3 m. Então ao estudar este problema ele descobriu, pesando dois balões de vidro, um com gás e outro que fora aquecido reduzindo a quantidade de ar e notou que pesavam diferentemente: o ar tinha peso, portanto matéria [5].

Os tubos a vácuo propiciavam um melhor rendimento e, a medida que as máquinas de produção de vácuo foram sendo aperfeiçoadas produzindo vácuos mais elevados, melhor rendimento foi constatado nos tubos de raios X. O vácuo permite que o feixe de elétrons seja projetado do catodo ao prato do anodo sem colisão com átomos de ar dentro do tubo de raios X, o que permite que haja uma menor perda de energia cinética dos elétrons acelerados.

DURABILIDADE DE UM TUBO DE RAIOS X

Um dos mais difíceis problemas que enfrentavam os pesquisadores nas décadas precedentes à descoberta dos raios X era sem dúvida a durabilidade dos tubos de vidro. Com o feixe de raios catódicos incidindo no vidro do tubo, sua durabilidade era curtíssima, impondo grandes custos e a necessidade de se manter um estoque mínimo para se garantir a continuidade das pesquisas. (Figura 10) [2]

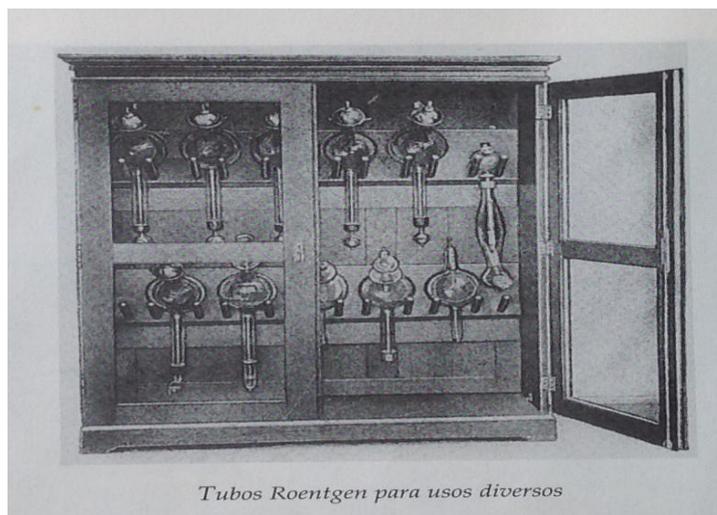


Figura 10. Foto reserva de tubos de Roentgen

Nos modernos equipamentos, a durabilidade do tubo de raios X está intrinsecamente ligada com a forma de uso a ele dada. Seleção de parâmetros adequados, redução de repetições, pré-aquecimento no início da jornada, seleção de exames adequados ao início do dia, dentre outros, concorrera com o aumento significativo com a vida útil do tubo de raios X. Com uso imprudente, sua vida pode ser encurtada substancialmente. [4]

OS NANO-TUBOS*

A nanotecnologia vem propiciando uma grande transformação em todas as áreas, especialmente a de imagens médicas. Descobertos em 1991, os nano-tubos de carbono são uma nova classe de materiais com extraordinárias propriedades mecânicas, elétricas e térmicas. Um nano-tubo poderá ter uma resistência 100 vezes maior que o aço, porém, com 1/6 de sua densidade, permitindo maior durabilidade e dissipação térmica. As primeiras radiografias com nano-tubos no Brasil foram realizadas em julho de 2002 (Figura 11). [6]

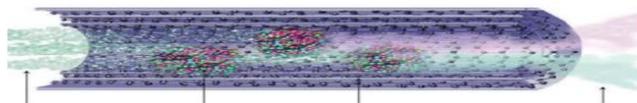


Figura 11. Imagem de um nanotubo em teste

* Tubos desenvolvidos com nanotecnologia, ainda em fase experimental.

1.2 A REVOLUÇÃO CAUSADA À MEDICINA

Poucas descobertas poderão apontar-se na história da Ciência, com tão grandes repercussões na evolução dos conhecimentos científicos e de que tenha resultado uma enorme contribuição para o bem-estar da Humanidade, como a descoberta dos raios X. Particularmente, na história da Medicina representa um marco imperecível que deixa para trás períodos de hesitações no campo do diagnóstico, abrindo caminho para novos horizontes, como no campo da terapia, sendo a Radiologia, provavelmente, a especialidade médica que maior evolução registrou.

Uma das primeiras aplicações dos raios X foi a radiografia, que permitiu observar estruturas anatômicas internas e um registro permanente da imagem. Em Portugal, as primeiras radiografias foram obtidas em 3 de Fevereiro de 1896 pelo Professor Henrique Teixeira Bastos, em Coimbra, cerca de três meses após a descoberta de Roentgen. Resultados semelhantes foram obtidos, no mesmo ano, em Lisboa, pelo Médico Virgílio Machado, em colaboração com o Fotógrafo profissional Augusto Bobone, e no Porto pelo Dr. Araújo e Castro com o Fotógrafo Emílio Biel. Nos primórdios da Radiologia Portuguesa verificou-se a colaboração de um investigador, Médico ou Físico, com um Fotógrafo, semelhante ao que ocorria em outros países.

No Brasil 1896, os primeiros aparelhos de raios X foram instalados na Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo já desde o início de sua descoberta, tendo sido referido seu uso clínico especialmente, na guerra dos canudos iniciada na Bahia em 1896, quando foi utilizada como “radiografia de guerra”, para identificar fraturas e fragmentos de projéteis de arma de fogo – PAF. [2]

As primeiras aplicações clínicas limitavam-se ao estudo ósseo e a pesquisa de corpos estranhos presentes no corpo humano [2,7]. Para se fazer o registro de uma imagem radiográfica útil, seria necessário não só saber manusear o equipamento de raios X, mas ter conhecimento da anatomia humana. Assim, para a obtenção de radiografias com qualidade clínica, tornou-se importante a formação de profissionais que detivessem conhecimento sobre a manipulação do aparelho, da anatomia humana e da forma de posicionar o paciente.

1.3 A MEDICINA DO SÉCULO XX: A DEPENDÊNCIA DA IMAGEM RADIOGRÁFICA

Embora as aplicações dos raios X se apresentassem ainda restritas, já mostravam um grande avanço, uma vez que casos difíceis como corpos estranhos e fraturas que jamais haviam sido visto, agora poderiam ser vistas e identificada sua localização para uma abordagem cirúrgica precisa. [7]

Não se concebe nos dias atuais, uma medicina sem a presença dos raios X ou das emissões radioativas; pelo contrário, há uma forte dependência das imagens médicas não só para o diagnóstico como para o tratamento de doenças que acometem as pessoas.

Nos dias de hoje, a dependência dos exames radiológicos é tão significativa, que muitas vezes são prescritos exames de forma corriqueira, como bem cita Koch [9]. Para assegurar a proteção radiológica do paciente, as normas adotam o “princípio da justificação” [8]:

Justificação genérica: “Todos os novos tipos de práticas que envolvam exposições médicas devem ser previamente justificadas antes de serem adotadas em geral. Os tipos existentes de práticas devem ser revistos sempre que se adquiram novos dados significativos acerca de sua eficácia ou de suas consequências”.

Justificação da exposição individual: “Todas as exposições médicas devem ser justificadas individualmente, tendo em conta os objetivos específicos da exposição e as características do indivíduo envolvido”.

Ainda assim, temos vivenciado inúmeras solicitações de exames radiológicos sem indicação clínica que os justifiquem. [12] É possível observar que os médicos prescritores, que tanto cuidado têm quando da prescrição das medicações e sua administração, nem sempre dão a devida atenção aos aspectos de proteção radiológica. [8]

O autor já vivenciou fatos absurdos, quando da realização de exames, que pode ser ilustrado com um caso em que foi solicitada uma TC de coluna lombar de uma paciente grávida de quatro semanas, com conhecimento do solicitante.

Por outro lado, a formação acadêmica deveria priorizar a capacitação dos novos médicos em radioproteção para uma correta solicitação de uma imagem médica. Como bem expõe Koch [9]: “Em nossa prática diária percebemos que os pedidos de exames, raramente vem acompanhados de dados da história e do exame físico. Não é infrequente que recebemos solicitações de exames cujos resultados de antemão, são irrelevantes para a investigação diagnóstica”.

1.4 O DESENVOLVIMENTO DA RADIOLOGIA COMO SUBÁREA DA MEDICINA

Com a descoberta dos raios X, físicos, engenheiros e médicos desenvolveram estudos adicionais sobre a “nova radiação”, assim como aperfeiçoaram o equipamento necessário para a sua produção, de modo que fosse possível um vasto leque de aplicações dos raios X em diversas áreas da Ciência. Possivelmente, a mais beneficiada terá sido a Medicina, ao serem utilizados no campo do diagnóstico e terapia, representando um enorme contributo para o bem-estar da Humanidade.

A evolução da Radiologia quer no campo do diagnóstico médico, quer no campo da radioterapia, desde o final do século XIX e até à primeira metade do século XX, não teria sido possível sem que tivessem ocorrido aperfeiçoamentos na instrumentação necessária à produção de raios X, paralelamente à evolução e desenvolvimento de novas técnicas radiológicas. Durante os primeiros anos foram introduzidas várias modificações nos equipamentos de raios X, assim como instrumentação acessória, que permitiram atingir voltagens mais elevadas e uma melhor proteção contra os efeitos nocivos da radiação, mas também um melhor controle da quantidade e qualidade dos raios X produzidos, permitindo assim, um feixe de radiação mais intenso e, quando necessário, radiação de grande poder de penetração. Foram duas as alterações importantes que se combinaram para atingir tal grau de progresso: a substituição da bobina de indução pelo transformador de alta tensão e o desenvolvimento do tubo de Coolidge que, gradualmente, substituiu as ampolas de gás. [2]

As primeiras aplicações dos raios X na Medicina surgiram rapidamente após a sua descoberta e iniciaram-se em nível do diagnóstico clínico, nomeadamente na detecção de corpos estranhos. Rapidamente novas e várias aplicações foram surgindo, revolucionando o olhar do médico para o corpo. Foram importantes para se obter um diagnóstico mais correto e preciso das mais diversas condições clínicas; quer a nível anatômico, quer a nível patológico. Para tal, muito contribuiu a introdução da fluoroscopia e de ecrans fluorescentes, bem como a evolução dos métodos de registo fotográfico. Particularmente, estes últimos permitiram a obtenção de radiografias de melhor contraste e tempos de exposição mais reduzidos, que culminaram com o desenvolvimento de filmes de raios X de emulsão dupla de acetato de celulose. Estes filmes substituíram as placas de vidro, juntamente com a introdução de dois ecrans fluorescentes que aumentavam a sensibilidade

das emulsões dos filmes de raios X. Depois esta base foi substituída por polietileno, de modo a oferecer melhores condições de segurança, nomeadamente em nível da sua não-inflamabilidade. [2,4]

Além disso, o desenvolvimento de diafragmas foi outro aspecto importante entre os desenvolvimentos técnicos adicionais, ao conferir uma melhor definição e contraste radiográficos, através da redução substancial da radiação secundária, incidente no filme.

Nos primeiros meses após a descoberta de Roentgen, ainda não havia uma clara definição da Radiologia como uma especialidade médica, ou era mesmo ausente. Não sendo imediata a implantação de aparelhos de raios x nas instalações hospitalares. Nesta altura, era comum que os médicos enviassem os seus pacientes a laboratórios de Física de diversas Universidades, [2] bem como a estúdios de Fotografia para a realização de exames radiológicos, uma vez que estas instalações possuíam o material necessário para esse fim, contrariamente ao verificado no seio hospitalar.

Posteriormente, surgiram as primeiras tentativas de implementação, não só por parte de diversos médicos, mas também de outros indivíduos com conhecimento da técnica, de laboratórios de radiologia e radioscopia nas instalações hospitalares.

Após um período de carência de equipamentos, de espaços adequados e do nível de segurança e proteção radiológica, para a instalação destes laboratórios, bem como de algum cepticismo relativo a este assunto, as práticas da Radiologia em hospitais foram sendo lentamente implantadas até se tornarem comuns e rotineiras. Ainda, em nível da introdução dos raios X no seio hospitalar, há que referir também a importância do estabelecimento de hospitais militares permanentes e de campo que prestaram um enorme contributo.

1.5 O BRASIL E A NOVA DESCOBERTA

Em 1896, o Brasil recebia o primeiro aparelho de raios X, que foi instalado na Clínica Propedêutica, no Hospital Santa Isabel pelo prof. Alfredo Brito. Em viagem de estudos pela Europa, comprou um dos primeiros aparelhos de raios X, que permitiria experimentar este novo invento em aplicações clínicas em território brasileiro. O equipamento era muito primário, porém de fácil operação, exigindo tempos de exposição

muito elevados, para aquisição de estruturas de pouca espessura e de altas densidades físicas, predominantemente estruturas ósseas, dentes e projéteis de arma de fogo. Para radiografia de mão, utilizava-se até quinze minutos de exposição [2,7].

Outros Estados como São Paulo, Rio de Janeiro e Pará, resolveram proceder da mesma forma, o que os tornava precursores do novo tipo de abordagem clínica, como as do prof. Rafael Barros, na escola politécnica. Buscava-se reproduzir a produção de raios X por descargas com raios catódicos, tal como os pesquisadores desta época o faziam, entretanto utilizando pilhas de Bunsen e bobinas de Rhumkorff.[2]

Ainda em 1896, eclodiu na Bahia a guerra de Canudos. Equipamentos de raios X, embora precários, foram utilizados em cirurgias para estudo de fraturas e localização de projétil de arma de fogo (PAF), dando um novo prognóstico aos acometidos. Em 1897, registrou-se que um soldado foi radiografado e constatado um projétil à altura do primeiro espaço intercostal esquerdo. Neste mesmo período, foram realizadas 98 radiografias em 70 pacientes, sendo 34 por radioscopia, 8 por radiografia registradas em filmes e 28 pela aplicação de ambos os dispositivos de produção de imagem. Consta na história do estado da Bahia que em 1905 o governador baiano José Marcelino passou por uma tentativa de assassinato, tendo recebido um tiro. O projétil foi identificado pelos raios X, sendo localizado na altura do sacro, próximo à articulação sacro-ilíaca. Este fato foi relatado na Gazeta Médica em dezembro de 1905 [7].

Com estes primeiros equipamentos, embora primários, deu-se início a uma nova era na medicina, sendo então fundada, de forma circunstancial, a radiologia brasileira, hoje fundamental para o diagnóstico e tratamento das doenças.

Como veremos nas abordagens seguintes, os dias atuais trazem em seu bojo novas formas de abordagens que incluem a robótica, nesta área. [11]

O desconhecimento dos efeitos deletérios dos raios x, no início, eram desconhecidos, bem como as novas aplicações e não simplesmente sua utilização, tão só para estudo do sistema músculo esquelético. [12]

2.0 A RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA

Tal como define a ICRP [1], a radiologia intervencionista consiste em “procedimentos que compreendem intervenções diagnósticas e/o terapêuticas guiadas por

acesso percutâneo, geralmente realizados sob anestesia local e/o sedação, utilizando fluoroscopia para localizar a lesão ou local de tratamento, monitorar o procedimento e controlar e documentar a terapia”. [11]

A fluoroscopia é uma técnica de produção de imagem comumente utilizada na medicina para obtenção de imagens em tempo real e em movimento, das estruturas anatômicas, internas de um paciente através do uso de um ecran fluoroscópico. Na sua forma mais simples, um ecran fluoroscópico consiste de uma fonte de raios-x e de uma tela fluorescente entre os quais o paciente é posicionado. [1]

A radiologia e cardiologia intervencionistas bem como a cirurgia endovascular [10,11] são especialidades médicas consideradas relativamente novas, ou seja, surgiram após a descoberta dos raios x. Atualmente diversas especialidades médicas interagem com elas e de suas técnicas fazem uso, tais como: radiologia, cirurgia vascular, neurorradiologia, neurocirurgia, cirurgia cardíaca, hemodinâmica, angiologia, cirurgia vascular, cirurgia urológica, urologia, cirurgia geral, cirurgia gastro intestinal, dentre outras. [12]

A necessidade do médico em conhecer o interior do corpo humano, seu funcionamento, suas alterações naturais ou patológicas, vem impulsionando a busca de novas tecnologias, técnicas de abordagens, novos processos e equipamentos que levem a um diagnóstico mais precoce e preciso de modo a contribuir para a mais eficiente terapêutica, minimizando o avanço das doenças, suas complicações, o tempo de internação, os custos, os desconfortos e sofrimentos e, tanto quanto possível, evitando-as.

Houve uma época em que a cirurgia era realizada por “barbeiros-cirurgiões”, tais como Ambrosio Paré (1509 - 1590), considerado como grande cirurgião do renascimento [7,13]. O século XVIII, transbordou de realizações, descobertas e desenvolvimentos em diversas áreas. Em 1927, o português Antonio Egas Moniz [46] começou a estudar a possibilidade de utilizar raios X e um meio de contraste injetado para visualizar os vasos sanguíneos do cérebro. As suas primeiras experiências foram com cadáveres de animais, pelos quais conseguiu com sucesso localizar neoplasias e hematomas no cérebro tornando-se o precursor das cirurgias nesta delicada região.

Em 1929 Werner Forrsmann, [15] anestesiou sua própria fossa antecubital e inseriu na veia braquial um cateter uretral de 65 cm. Depois colocado por trás do fluoroscópico,

utilizando um espelho segurado pela enfermeira Gerda fez evoluir o cateter até o seu próprio coração, iniciando assim o cateterismo cardíaco.

A primeira tentativa registrada de entrar no átrio direito para fins médicos foi em 1831, quando Johann Dieffenbach [15] tentou cateterizar o ventrículo esquerdo pela artéria braquial, para sangrar um paciente com cólera. Provavelmente não conseguiu, pois não obteve o sangue desejado. Bleichroeder, Unger e Loeb em 1930, administraram drogas, com sucesso, por meio de cateterismo aórtico. Nas duas décadas seguintes, muitas infrutíferas tentativas de opacificar por contraste coração e vasos a partir dos lados direitos, foram realizadas.

Poucas inovações na história da medicina tiveram tanto impacto diagnóstico e terapêutico quanto o cateterismo cardíaco associado com angiocardiografia. [10]

Nos dias atuais, a cirurgia minimamente invasiva (CMI) [11] já está consolidada e incorporada às práticas médicas tanto para o diagnóstico quanto para o tratamento de doenças diversas, especialmente das doenças vasculares. Observar o interior do corpo e poder modificá-lo é hoje em dia atos médicos habituais.

2.1 TÉCNICAS INTERVENCIONISTAS ESPECIAIS

Há três grandes áreas em radiologia intervencionistas: a hemodinâmica, onde cardiologistas especializados, denominados cardiologistas hemodinamicista, abordam o coração para diagnóstico ou tratamento de doenças diversas, em suas câmaras ventriculares ou atriais e no sistema vascular arterial ou venoso. Cateterismo direito e esquerdo, ventriculografias diversas, dos vasos e cavidades são exemplos de exames realizados neste setor, bem como o tratamento como angioplastias, valvuloplastia, dentre outros [10,11].

A neurocirurgia também ocupa espaço nesta área abordando o sistema neurovascular ou neurológico igualmente para diagnóstico e terapia. Exames como arteriografias cerebrais, PAM angiografia, Arteriografias vertebrais, carotídeas, embolizações e angioplastias, são exemplos onde os neurocirurgiões atuam. [15]

A radiologia intervencionista aborda os exames vasculares arteriais ou venosos nas demais estruturas anatômicas, tais como angiografias de membros superiores ou inferiores,

angiografias torácicas e abdominais, embolizações e angioplastia destas estruturas, dentre outras. [11]

O ambiente onde estes procedimentos ocorrem é específico para atividades cirúrgicas, embora minimamente invasivas e, por conseguinte devem cumprir as exigências para um ambiente cirúrgico tal como estabelecido nas normas para construções hospitalares (Figura 12)



Figura 12. Imagem de uma sala de hemodinâmica

3.0 AS MODERNAS TÉCNICAS INTERVENCIONISTAS ATUAIS

Atualmente aplicam-se inúmeras técnicas intervencionistas para obtenção de imagens com raios X fluoroscópico, visando o diagnóstico ou o tratamento de doenças que acometem o homem. Mas tudo começou com a intervenção cardiológica por introdução, pela primeira vez de um cateter, pela veia braquial até o átrio direito [15].

O desenvolvimento e a evolução dos equipamentos, de técnicas de abordagens, de medicações específicas, dos insumos fundamentais como cateteres, balões, stents diversos, próteses, endopróteses e de formas e modelos diversos (para as múltiplas aplicações), dentre outros, permitiram a aplicação para todas as áreas da medicina. Nos dias atuais, já se divide a radiologia intervencionista, que compartilha com diversas especialidades suas abordagens*, em *intervencionismo vascular e intervencionismo não vascular***, tal a sua abrangência em função destas novas técnicas [10, 11, 15].

* Tais como neurocirurgia, cirurgia vascular, gástrica, ginecológica, urológica, dentre outras.

** Intervencionismo percutâneo das vias biliares, geniturinário, esofágicos, gastrointestinais, de tubas uterinas, dentre outros.

A expansão das descobertas e da evolução das abordagens avança para todas as áreas da medicina. Assim tão logo se toma conhecimento de um novo método de abordagem em cardiologia intervencionista, o método é difundido para as demais áreas.

A implantação do balão como vaso dilatador para lesões coronarianas expandiu rapidamente para neurocirurgia, cirurgia vascular, gástrica, etc... impondo a necessidade de treinamento de novos profissionais, desde o início da radiologia [15] das diversas especialidade, para a realização segura das novas técnicas intervencionistas (ou minimamente invasiva). Já o cateter hidrodinâmico não teve boa aceitação na cardiologia e, portanto, não prosperou nas outras especialidades.

Novos desafios são propostos todos os dias, pois a cada momento, novos equipamentos, novos instrumentos, novas técnicas, novos insumos, novas medicações conjugadas são desenvolvidos e rapidamente são implantados em nossos hospitais.

Temos agora a USIV [11], que consiste em um equipamento de ultrassonografia intravascular, conseguida através da introdução de uma micro sonda de US, no interior do vaso a ser examinado. O cateter, de diminuto diâmetro, encontra-se conectado a um gerador ultrassônico que se encontra conectado com o console do equipamento de US, que mostrará em seu monitor as imagens do interior do vaso. A condução do cateter até a região lesionada é feita pelo controle fluoroscópico. (figura 13)

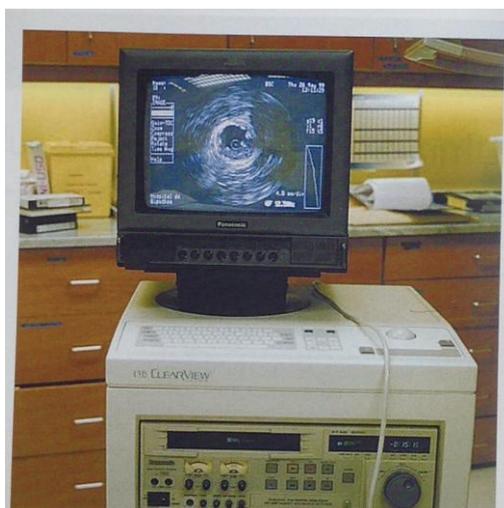


Fig. 13 Equipamento de USIV

As embolizações, especialmente das hemorragias arteriais, em geral envolvem um tempo longo de abordagem em função das dificuldades técnicas e da abordagem lenta necessária para garantir a eficiência da embolização. A dose de radiação é,

consequentemente, maior que os demais procedimentos, tanto para o paciente e para os profissionais ocupacionalmente expostos.

Em 1987 foi introduzida a ablação percutânea com radiofrequência para tratamento de adultos com taquicardias paroxísticas supraventriculares, tornando-se o tratamento de escolha para uma variedade de arritmias na população pediátrica já em 1989. Com os avanços tecnológicos na emissão controlada de RF e o desenvolvimento de cateteres deflectíveis de diâmetro pequeno, a ablação com RF tornou-se o tratamento de primeira escolha para tratamento das taquicardias na população pediátrica evitando o uso prolongado de fármacos antiarrítmicos. Igualmente este procedimento envolve um tempo elevado de abordagem, impondo igualmente altas doses aos pacientes e aos médicos.

O aumento da demanda de pacientes portadores de doenças cardiovasculares complexas tem exigido a atuação conjunta de cirurgiões cardíacos e cardiologistas intervencionistas na busca por um desfecho clínico mais favorável para o paciente [5,11].

Este novo cenário tem gerado uma discussão de qual seria o melhor ambiente de trabalho para estes profissionais: se a sala de cirurgia convencional ou o laboratório de intervenção cardiovascular.

As salas cirúrgicas convencionais foram projetadas para oferecer as condições necessárias para cirurgia, porém não dispõem de equipamentos de imagem com alta de resolução (utilizam equipamento de menor porte), fundamentais para a realização dos procedimentos híbridos.

Nesse cenário, surgiu à demanda por um espaço físico amplo e versátil, com estrutura capaz de realizar tanto procedimentos diagnósticos quanto terapêuticos, seja por via convencional, seja minimamente invasiva. Criou-se então o conceito da sala cirúrgica híbrida* [11, 15]. (figura 14)

* Sala destinada a radiologia intervencionista instalada dentro do ambiente cirúrgico (centro cirúrgico), objetivando o atendimento globalizado do paciente.



Fig. 14. Equipamentos em uma sala cirúrgica híbrida.
(cortesia editora Elsevier)

O momento atual é o de aplicação da robótica visando uma abordagem mais precisa, mais confortável e mais segura tanto para o paciente como para os cirurgiões. Carnevale [11] relata em seu livro experiências realizadas com laparoscopia com o robô “Zeus®” e laparoscopia realizada pelo método convencional, onde não se verificou diferenças significativas entre os métodos. Fato que impões a necessidade de refinar o método robótico. (figura 15)

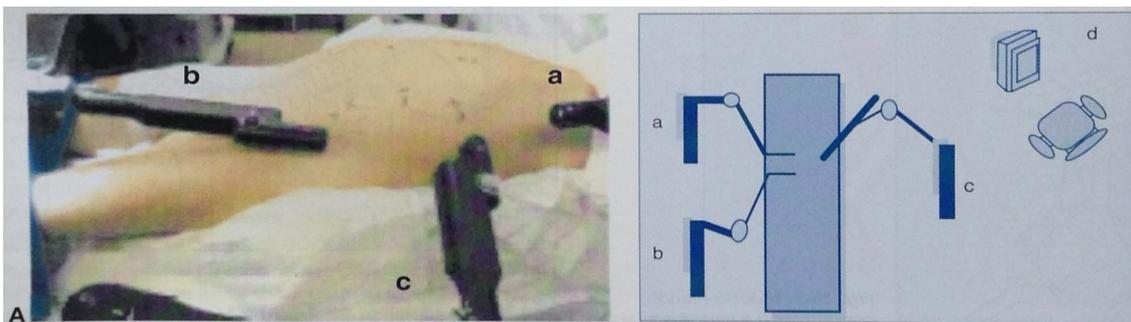


Fig. 15 Intervenção com Robô
(A) Paciente com braços levantados para intervenção; (B) Esquema do robô Zeus®
(cortesia editora Elsevier)

4.0 RAIOS X: A DESCOBERTA DOS RISCOS

A enorme curiosidade e a falta de conhecimento dos riscos, contribuíram, para uso do desconhecido raios x, além de busca das novas aplicações. [12, 13] Os raios X eram

produzidos em ampolas de vidro, sem qualquer proteção e sua manipulação e aplicação se multiplicava, dia após dia. Há uma estória que relata o fato de uma sapataria em Nova York tinha como slogan o fato de que seus sapatos eram testados com auxílio dos raios X. Em outra estória, conta-se que se sugeriam “banhos” com raios X como forma de depilação. As primeiras tentativas da aplicação da nova radiação em tratamentos a nível dermatológico, foram realizadas após se terem verificado os primeiros sinais cutâneos do efeito da exposição aos raios X. Os raios X também foram utilizados para fins de terapia.

A partir da descoberta dos materiais radioativos e sua propriedade em produzir luminescência, passou-se a utilizar indiscriminadamente os produtos radioativos para diversos fins: joias reluzentes, ponteiros de relógios, fins curativos visando cicatrização de feridas, retirada de manchas da pele, dentre outros. O resultado deste uso indiscriminado culminou com o aparecimento de lesões diversas, tais como lesões nos lábios, língua e boca de trabalhadores da indústria de relógios que utilizavam pincéis na pintura de ponteiros dos relógios com material radioativos; lesões cutâneas em pessoas que usavam material radioativo para limpeza de pele, dentre tantas outras.

Clarence Dally, Assistente de Edison, sofreu graves queimaduras provocadas pelos raios X, tendo perdido os dois braços por amputação [2]. Morreu em 1904, tendo sido considerado a primeira vítima devido aos raios X, nos Estados Unidos. Os primeiros relatos dos efeitos deletérios dos raios X sobre o homem datam de 1896, vitimando principalmente os operadores dos equipamentos devido a exposição e os usuários desta nova forma de imagem. As lesões devido aos raios X foram inúmeras nos anos subsequentes a sua descoberta, notadamente lesões cutâneas, não só dos que operavam com os aparelhos como com aqueles que eram expostos.

O enunciado da descoberta dos raios X por Roentgen, de certa forma, já se reconhecia os efeitos físicos dos raios sobre a matéria, tal como ele mesmo enunciou [2]:

“Se a radiação que emana do tubo propaga-se no ar atmosférico, ou seja, no meio ambiente, provavelmente se propagaria em outros meios e corpos de constituição física diferente, em intensidade variável, entretanto”.

O que ficou comprovado quando ele colocou corpos de constituições diferentes entre o tubo e o ecran, observando realmente a fluorescência produzida variava de intensidade conforme a densidade física do material. Surgia desta comprovação um dos princípios fundamental da radioproteção: a blindagem e a forma de fazê-la. Mas também

estava implícito que os raios X não só sofriam atenuação no meio em que atravessava como, sobretudo, interagem com este meio, fato que só mais tarde foi considerado e estudado.

No fim de 1896, [12] eram vários os casos publicados na literatura científica de dermatite. No entanto, houve alguma dificuldade na aceitação de que a origem destes efeitos estava na base de uma incorreta exposição à radiação. Porém, na viragem do século, a evolução quer das técnicas, quer da instrumentação, assim como procedimentos mais seguros e o reconhecimento do perigo da radiação, contribuíam para a redução dos danos observados. Além disto, durante e imediatamente após a primeira guerra mundial, o estabelecimento de diversas sociedades de Radiologia [7] foi importante na definição dos primeiros conjuntos de procedimentos de proteção radiológica. Foi também de extrema importância o início dos Congressos Internacionais de Radiologia, [12] que forneceram as bases para a definição de uma medida de quantificação da dose de tolerância da exposição à radiação, como sucedeu no segundo Congresso Internacional de Radiologia, em 1928, no qual foi definida a unidade röntgen (“r”)

5.0 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Segundo Tahuata [16], *“A Proteção Radiológica ou Radioproteção pode ser definida como um conjunto de medidas que visam proteger o homem e o ecossistema de possíveis efeitos indesejáveis causados pelas radiações ionizantes”*.

A abordagem deste tema é de certa forma, *complexa*, pois envolve diversos aspectos a serem considerados. É impossível se falar de radioproteção sem circunscrever as características do feixe de raios X, sua produção, os equipamentos utilizados e seus componentes principais, acessórios, fatores geométricos [2], biótipo do paciente e demais características físicas, tipo e complexidade do exame a ser realizado, grau de capacitação dos profissionais envolvidos na produção da imagem [9, 12, 17]; tipo de imagem a ser produzida, experiência do profissional; etc.

Os procedimentos de radiologia intervencionista, exames de hemodinâmica, eletrofisiologia e oncológicos com PET/CT são os que apresentam maiores valores de

exposição à radiação para os pacientes. De modo geral, altas doses em pacientes implicam em altas doses em trabalhadores. [19, 20, 21]

No que concerne aos trabalhadores, a legislação estabelece um limite de dose efetiva de 100 mSv em 5 anos (ou uma média de 20 mSv por ano, desde que não se ultrapasse 50 mSv em um único ano) [13, 16, 18]. A atual legislação limita em 24 horas semanais de trabalho para os técnicos de radiologia. Na opinião do autor deste trabalho, esta limitação, que visa proteger os trabalhadores da exposição excessiva à radiação, era justificada quando as condições de segurança eram precárias, os filmes de base azul utilizados requeriam um excesso de dose, não havia programas de controle de qualidade, dentre outros argumentos. A situação atual é bastante diferente quanto à proteção radiológica, e, talvez, a limitação de horas de trabalho, para profissionais ocupacionalmente expostos, devesse ser revista.

Antonio Biral [13] postula uma revisão da carga horária para o trabalho com radiações ionizante, considerando o princípio da limitação de dose individual que considera 100 mSv em 5 anos.

Considerando o ano com 300 dias de trabalho o que implica em 50 semanas com 40 horas semanais de trabalho por semana, 170 horas de trabalho em um mês, 8 horas de trabalho por dia, o somatório total é de 2.000 horas de trabalho por ano. Desta forma, o limite ocupacional de 50 mSv/ano corresponde a 1 mSv/sem e 0,4 μ Sv/h ou 4 mSv/mês.

Entretanto poderíamos considerar que o limite de 50 mSv/ano refere à dose em apenas um, dentre cinco anos. Para o valor de 20 mSv/ano (média em 5 anos) as conclusões seriam outras, ou seja, corresponderia a 0,04 mSv/sem e 0,01 μ Sv/h ou 1,6 mSv/mês. Este último limite, considerando a carga horária de 40 horas semanais, ultrapassa o limite para dose de investigação.

Ainda assim, recomenda-se a revisão dos limites de dose, tendo em vista os novos meios de radioproteção.

Recomenda-se para estes trabalhadores ter um registro próprio de dose, com a somatória da radiação recebida nas diversas jornadas de trabalho. É dever das instituições informar por escrito os valores de dose dos trabalhadores. Valores acima do limite mensal requerem investigação, e os trabalhadores não necessitam ser afastados de suas atividades, desde que a somatória de dose não ultrapasse os valores estabelecidos com doses de radiação.

No que concerne aos pacientes, não existem limites como no caso dos trabalhadores. No entanto, são definidos valores típicos para os procedimentos, denominados “*níveis de referência de diagnóstico*” [8, 13]. Os níveis de referência de diagnóstico se definem como valores de grandezas medidas utilizados para identificar situações nas quais as doses ao paciente (ou outro parâmetro de referência) apresentam frequentemente valores atípicos, e para os quais alguma ação deve ser aplicada.

O Ministério da Saúde, através de sua portaria 453/98 [8], define como nível de referência para o radiodiagnóstico, como sendo:

“Valores de uma grandeza específica na prática de radiodiagnóstico para exames típicos em grupos de pacientes típicos. Estes níveis não devem ser ultrapassados nos procedimentos habituais quando são aplicadas as boas práticas correntes relativas ao diagnóstico. Estes níveis são uma forma de nível de investigação e devem ser relativos apenas a tipos comuns de exames diagnósticos e a tipos de equipamentos amplamente definidos. Os níveis não foram planejados para serem utilizados de maneira exata e uma multiplicidade de níveis reduziriam sua utilidade.”

Estes níveis são referências que raramente são cumpridas sequer aproximadamente, pois raros são os serviços que dispõe efetivamente de programa de controle de qualidade e radioproteção.

Azevedo em 2005 [23] coordenou estudo comparativo entre o Brasil e a Austrália a cerca das técnicas radiológicas e das doses. Este estudo mostrou taxas de até 4300 % maiores no Brasil que na Austrália. Constatou ainda que lá o controle de qualidade e garantia da qualidade fazem parte da rotina nos serviços, diferentemente do Brasil.

Os equipamentos são digitais e de última geração e os serviços possuem equipe de física médica atuante, propiciando a produção de imagens radiográficas de alta qualidade, com baixas doses e índice de rejeição próximo de zero [23].

No Brasil, [8] as normas exigem a implantação de Programa de Garantia de Qualidade – PGQ, tal como expressa na portaria 453, art. 4.45 e 4.46:

“O controle de qualidade previsto no programa de garantia de qualidade, deve incluir o seguinte conjunto mínimo de testes de constância, com a seguinte frequência mínima: semanais, mensais, semestrais, anuais e bianuais”

“Testes relevantes devem ser realizados sempre que houver indícios de problemas ou quando houver mudanças, reparos ou ajustes no equipamento de raios X”.

Durante décadas trabalhadas o autor não conheceu nenhum serviço, dentre as centenas com que se relacionou*, que tenha implantado programa de controle de qualidade ou mesmo o programa de proteção radiológica – PPR.

Segundo o autor, que se vê nos dias atuais é uma exigência burocrática dos agentes fiscalizadores para o cumprimento da elaboração do memorial descritivo de proteção radiológica e do programa de proteção radiológica – PPR, mas sua execução não é exigida, conforme a legislação [8, 16,18].

Em 1997, ou seja, um ano antes da edição da portaria 453, Koch [9] já explicitava preocupação com as questões de ordem judicial, advinda dos pacientes evocando o erro médico. Refere-se ao laudo radiológico como um poderoso documento que pode ser usado a favor ou contra um indivíduo. Questiona:

“Como você encara o código de defesa do consumidor em Medicina?”

E vai mais adiante:

“Tudo parece ser relativamente simples quando o problema é um produto comparado com defeito. Se você possui um comprovante de compra em que o fabricante garante a qualidade do “produto”, o consumidor poderá ser ressarcido dos danos.

E quando o “produto” é um serviço médico? Como comprovamos a qualidade deste serviço?

Entendemos que qualidade em trabalho com raios X, não consiste apenas em aplicar protocolos com aferição de parâmetros físicos e matemáticos buscando, apenas, uma alta resolução da imagem para um diagnóstico seguro, mas especialmente, garantir esta mesma qualidade com a mais baixa dose de radiação possível (princípio ALARA) [8, 13, 16]. Além disto, este é um direito do paciente, que a qualquer momento pode reivindicá-lo judicialmente.

Em 2012, Oliveira com o apoio formal do Colégio Brasileiro de Radiologia – CBR, lançou um livro onde discute questões éticas, normas, direitos e deveres dos médicos imagenologistas [24], denominado ***Radiologia e Diagnóstico por Imagem: Ética, Normas, Direitos e Deveres dos Médicos Imagenologistas.***

* O autor foi durante alguns anos diretor cultural do sindicato dos técnicos em radiologia do Rio de Janeiro.

Reunimos neste texto as referências necessárias,* para nortear o exercício profissional do médico imagenologista brasileiro, nas esferas administrativa, ética e legal, não obstante a complexidade das relações que se estabelecem no mundo jurídico.

A indústria produtora de insumos para saúde, por definição lucrativa, vem influenciando fortemente, os gestores da saúde em busca, cada vez mais, de métodos modernos para o diagnóstico e a terapia de doenças em nome do “avanço tecnológico” ou de “tecnologia de ponta”, os quais, nem sempre contribuí para uma melhoria significativa destes processos. E, não obstante conduz a um aumento de dose individual e populacional, desnecessário [7].

5.1 RELATO DE FATOS RELEVANTES

Nas linhas que se seguem se narram diversos fatos vivenciados pelo autor ao longo de 40 anos de vida profissional em serviços de hemodinâmica e radiologia intervencionista. Estes fatos contribuíram substancialmente para busca de um melhor conhecimento e compreensão de aspectos relacionados à proteção radiológica que imbricaram no trabalho.

Alguns profissionais ocupacionalmente expostos – POE, quando dispõem de dosimetria pessoal, não a utiliza ou utilizam esporadicamente, o monitor individual. Poucos têm acesso às leituras dosimétricas e quando têm não sabem interpretar os resultados. Já houve registro de caso em que o médico do trabalho tampouco soube interpretar a dose informada pelo monitor individual, de maneira que lhe foi difícil orientar o trabalhador sobre as medidas de proteção que deve adotar. Isto aconteceu em uma instituição de ensino e pesquisa. Que proteção radiológica pode-se constatar neste caso? Há nesta instituição política de radioproteção? Há prioridade para com a saúde do trabalhador?

Nesta mesma instituição onde o autor trabalhou, por 36 anos em hemodinâmica, não se disponibilizava vestimentas de proteção radiológica tais como óculos plumbíferos, protetores de tireoide; além de os aventais plumbíferos apresentarem fraturas diversas. Não eram oferecidos cursos de capacitação, reciclagem ou atualização. Novos

* Sugerida no final deste trabalho

equipamentos, novas tecnologias, novos métodos de exame são instalados e implantados, sem que os profissionais técnicos sejam treinados.

É frequente observar médicos cardiologistas intervencionistas com alopecia na parte inferior das pernas [25]. Isto se deve a que os aventais plumbíferos têm um comprimento até o joelho aproximadamente. Além disso, não é costume destes profissionais usarem o saiote plumbífero acoplado ao equipamento de raios X. Apesar disto, não é frequente a aplicação de estudos e análises das condições de trabalho e aspectos de segurança.

O autor vivenciou outro fato igualmente relevante: Três auxiliares que operavam nas câmaras escuras do serviço apresentavam leucopenia e constantemente eram afastados do serviço pelo serviço de medicina do trabalho. A câmara escura se encontrava contígua à sala onde funcionava um aparelho telecomandado. Colocando chassis na parede interna da câmara escura e após 8 horas, verificou-se que os filmes estavam totalmente velados. Este fato ensejou a interdição da referida câmara escura e colocação de blindagem de chumbo. Alguns anos mais tardes o equipamento foi considerado obsoleto e desativado definitivamente.

Foi constatado também em uma sala de um aparelho telecomandado que o biombo era constituído de uma parede de alvenaria de cerca de 1,20 m de altura, acima da qual se instalara um vidro, supostamente plumbífero. Com um detector foi possível constatar que o vidro era apenas um vidro comum. Os profissionais que operavam nesta sala também apresentavam leucopenia.

Aventais vendidos como totalmente plumbíferos com furos ou defeitos de fabricação, são possíveis de encontrar em diversos serviços. Faz-se necessário assim, que um profissional treinado em proteção radiológica saiba como avaliar a integridade destas vestimentas. Durante anos foi observado que uma sala de hemodinâmica não tinha a blindagem adequada em uma parede em cuja parte externa pacientes aguardavam sentados, por atendimento. A cerca de 1,20 m do chão havia grandes janelas de vidros comuns, pintadas de preto.

Recentemente o autor visitou um novo serviço de hemodinâmica. Apesar de que havia sido inspecionado pela autoridade sanitária, foi possível observar que frestas significantes existiam na porta de entrada que separa a sala de exames do corredor, onde circulam os profissionais daquele centro.

Pacientes com perda de cabelo em procedimentos de neurocirurgia, médicos e enfermeiros que não sabem explicar ao paciente a causa porque não têm informações sobre os efeitos da radiação, são situações frequentes no meio em que trabalhamos.

Estas colocações, aqui relatadas, tem o propósito de alertar sobre o estado atual da proteção radiológica, sinalizada por estes fatos que circunscrevem os graves problemas, descaso, irresponsabilidade, despreocupação e falta de fiscalização com a segurança radiológica e com a saúde do trabalhador e dos pacientes, sujeitos aos efeitos deletérios das radiações ionizantes, embora as leis e normas imponham em contrário [8, 13, 18].

Quantos fatos destes devem estar ocorrendo hoje no Brasil? Quantos profissionais estão sendo irradiados indevidamente? E os pacientes? Como se tem apresentado os órgãos reguladores? O que se pode e se deve fazer para solucionar tais problemas? Quando será que o controle de qualidade sairá do papel? Quando será que as normas se efetivarão?

5.2 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA

Neste tópico, nos ateremos a abordar os aspectos de radioproteção para radiologia intervencionista em instalações específicas de hemodinâmica e equipamentos que propiciam a realização de exames intervencionistas.

A primeira abordagem considera os setores especiais para realização destes exames. Em muitas instalações, dispõe-se de um setor de hemodinâmica no qual se compartilha sala de exames cardiológicos intervencionista; sala de radiologia intervencionista onde se realizam exames vasculares, neurocirúrgicos dentre outros e sala para eletrofisiologia cardíaca. Em outras instalações se verifica uma ou duas destas salas.

As equipes deste setor são compostas por profissionais multidisciplinares e muitos destes não têm a mínima formação em radioproteção, o que os fazem desprezar os princípios mais básicos e fundamentais, não só para a proteção deles mesmos como a dos demais indivíduos que compõem a equipe, especialmente a proteção dos pacientes. Há outro aspecto que concorre, também, para o agravamento da radioproteção: os profissionais técnicos que compõem a base para uma eficiente radioproteção, trabalham em tempo parcial e por consequência, não se identificam com os propósitos da empresa/instituição. Em todos os casos, a formação destes profissionais é deficiente em radioproteção o que também implica no desconhecimento que leva ao desinteresse quanto aos aspectos de radioproteção. Desconhecimento, má formação, desinteresse,

descompromisso, falta de cobrança e desprezo pelos danos, são os principais fatores que concorrem para uma deficitária radioproteção. Raízes profundas de difícil correção emperram soluções definitivas e eficazes.

No Brasil, apesar de existir a portaria 453/98 do MS e 485/05 do MTE [8,18] que regulamentam o trabalho com radiações ionizantes na área médica, ainda não temos uma legislação específica para radiologia intervencionista embora nesta área tenhamos níveis de exposições elevados tanto para o paciente quanto para os profissionais ocupacionalmente expostos [12,20,21].

Recentemente o Ministério da Saúde editou a portaria 531/12 – PNQM Programa Nacional de Qualidade em Mamografia, única portaria específica, que contempla a área de mamografia [28]. Aguarda-se que em breve seja igualmente editada norma específica para a área de radiologia intervencionista.

Constata-se também que a autoridade sanitária ainda não dispõe de recursos materiais e de profissionais devidamente treinados para garantir uma fiscalização adequada, especialmente em área tão específica quanto a de radiologia intervencionista, onde o avanço tecnológico avassalador vem impondo a cada dia enormes desafios, como por exemplo a implantação de equipamentos híbridos instalados em unidades fechadas como as de centro cirúrgico. [11,22, 26]

Novas tecnologias impõe a necessidade de novas formas de inspeções. Assim, para equipamentos digitais a realidades são outras, as abordagens são outras e as inspeções devem levar em conta esta nova tecnologia. Sem equipamentos adequados e profissionais treinados, como inspecionar?

Em 1998, editou-se a portaria 453, ou seja, a mais de 17 anos. Neste período muitas tecnologias novas foram desenvolvidas e implantadas, especialmente no que se refere a radiologia intervencionista. Inúmeros novos serviços foram abertos e estão em funcionamento, entretanto os órgãos fiscalizadores e normatizadores continuam com seus quadros profissionais reduzidos e sem a instrumentação adequada.

Velhas normas para novas tecnologias. A portaria 453, não contempla as tecnologias hoje implantadas, como exigir o comprimento das normas de radioproteção se não há regras específicas para sistema digital?

Urge a revisão das normas vigentes com a elaboração de novas e específicas normas para as novas formas de imagens.

Há, nos dias de hoje, centros cirúrgicos com um parque de equipamentos maior que os centros radiológicos. Os equipamentos digitais em arco “C” tomam, cada vez mais, espaço nas unidades cirúrgicas que já são pensadas visando equipamentos híbridos.

Quanto aos aspectos técnicos, grandes dificuldades têm sido enfrentadas pelos profissionais envolvidos nesta área. Os baixos salários estão no discurso de todos os profissionais, que segundo dizem, impõe a necessidade de trabalhar em vários lugares diferentes, perfazendo uma carga horária semanal, muitas vezes acima dos limites legais.

As condições de trabalho nem sempre apresentam condições técnicas adequadas ao trabalho com radiações ionizantes. Faltam insumos, meios de proteção radiológica, as VPI(s) nem sempre estão em bom estado para uso ou em número suficiente; a maioria dos serviços de radiologia intervencionista não dispõe de biombo de proteção.

Raros são os serviços que cumprem a legislação em vigor para a implantação dos preceitos nela estabelecidos que exige a implantação de um programa de controle de qualidade e de proteção radiológica.

6.0 FORMAÇÃO PROFISSIONAL E EDUCAÇÃO CONTINUADA

A radiologia de hoje responde por uma parcela extremamente cara para diagnóstico e tratamento e nem sempre apresenta os resultados ansiados. Para tanto, os profissionais envolvidos nesta área precisam ter a noção clara das variáveis que antecedem suas atuações específicas, da importância de seu trabalho, do custo envolvido com os equipamentos e insumos (especialmente com o tubo de raios X) para que a efetividade de suas tarefas possa ser a melhor possível.*

Quanto a formação do médico, as grades curriculares dos cursos de medicina não contemplam a disciplina de proteção radiológica, o que significa dizer que o médico após a conclusão do curso não deterá conhecimentos mínimos necessários para o exercício de sua profissão. Apenas aqueles que optarem pela especialização em radiologia ou radiologia intervencionista terão a oportunidade de ter contato com radioproteção.

Com o advento das novas tecnologias como exames intervencionistas, tomografia computadorizada helicoidal multicanal, ressonância magnética, ultrasonografia com

* Efetividade: Capacidade para produzir os resultados em condições dadas de operação de uso.

doppler, etc, observa-se no meio médico grandes dificuldades na definição de qual exame radiológico ou de imagem é indispensável e qual é, de fato, necessário.

Koch [9] apresenta o triste quadro em que vive a medicina de hoje no Brasil, quando expõe que, embora se tratando de aluno de nível superior, 97,2% as anotações de aula prevalecem de maneira absoluta sob as demais fontes de consulta, nas escolas médicas brasileiras. Quanto às escolas que ensinam radiologia, 81,4% indicam como referências bibliográficas livros de autores estrangeiros. Os autores brasileiros são indicados em apenas 12,1% das escolas brasileiras.

“A falta de dados concretos sobre o comportamento geral das tecnologias impede a disseminação de informações confiáveis, criando o fenômeno que se convencionou chamar de “achismo”, onde determinado profissional “acha” que tal conduta é a correta em determinada situação, enquanto outro “acha” que aquela seria a mais adequada. A reversão desta tendência passa, necessariamente, pela conscientização profissional a partir de parâmetros concretos obtidos pela avaliação tecnológica.” [9].

Segundo Koch, uma detida avaliação envolvendo as áreas de estatística, matemática, economia, administração, engenharia biomédica, deveria ser considerada para uma avaliação mais consistente de uma nova tecnologia a ser adquirida, levando-se em conta seu custo e sua eficácia. Acrescentaríamos ainda as áreas de física médica, radioproteção e sanitária, para estudo e aplicação de tecnologias que utilizam radiações ionizantes.

De igual modo, as grades curriculares dos *cursos de enfermagem*, não contemplam a disciplina de proteção radiológica, tornando o enfermeiro carente de conhecimentos mínimos necessários para o exercício de sua profissão, quando deparados ante exames radiológicos, quer sejam realizados em leitos, centro cirúrgicos, hemodinâmica, radiologia, etc... Sequer aqueles que trabalham direta e permanentemente com raios x ou substâncias radioativas tem conhecimento mínimo formal sobre radioproteção.

Quanto aos *técnicos e tecnólogos* temos conhecimento de que na grade curricular dispõe da disciplina de proteção radiológica, entretanto temos visto que a maioria dos cursos regulares, por falta de professores especializados, utilizam técnicos para ministrarem “aulas” de “física” e “radioproteção” e o resultado é catastrófico.

Mais uma vez o autor, tem a oportunidade de relatar sua experiência, por ter passado, em 1976, pelo Instituto Estadual de Radiologia e Medicina Nuclear Manoel de

Abreu – IERMN, da Secretaria Estadual de Saúde, quando participou do curso de formação de Técnicos em Radiologia Médicas-Radiodiagnóstico. O curso tinha um forte componente prático, com 1800 horas/aulas teóricas e 1200 horas/aulas práticas. A carga horária mínima de estágio obrigatório era de 1200 horas. Os alunos faziam rodízio mensal em diversos hospitais. Este curso era tido como a melhor formação para técnicos em radiologia do Brasil. A coordenação estava a cargo de reconhecidos médicos radiologistas, com as máximas exigências na formação dos alunos.

O tempo passou, as tecnologias se apresentam numa velocidade nunca esperada, a profissão foi reconhecida pela lei 7.394/1985 de 29/10/1985 e regulamentada pelo decreto lei DL 092.790/1986. Hoje, contemplamos o projeto de lei complementar PLS 26/2008, tramitando pelo congresso para modificação da lei regulamentadora da profissão visando adequar a atuação destes profissionais à nova realidade de mercado. Consta do projeto que “a evolução de equipamentos e técnicas de radiologia exigiram a ampliação e diversificação da formação dos profissionais que atuam na área, levando à necessidade de atualização da legislação em vigor”.

De acordo com o projeto, podem exercer atividades nestas áreas os portadores de diploma de ensino superior com grau de Bacharel em Ciências Radiológicas; de diploma de ensino superior com grau de Tecnólogo em Radiologia; e de certificado de conclusão do ensino médio, com formação mínima de Técnico em Radiologia com habilitação específica. Os profissionais devem estar inscritos no Conselho Regional de Técnicos em Radiologia. A supervisão da proteção radiológica e da aplicação das técnicas previstas na lei, conforme o substitutivo, tanto é atribuição do bacharel em Ciências Radiológicas como do tecnólogo em Radiologia, sendo que ambos podem também exercer atividades nas áreas em que possuem formação específica. Na inexistência desses profissionais, poderá o técnico em Radiologia supervisionar a aplicação das técnicas radiológicas.

A experiência com o primeiro curso de formação de tecnólogo em radiologia em uma universidade carioca mostrou, na ordem prática, uma mudança significativa como proposta, mas com grandes falhas estruturais na vigia mestre: “a estrutura curricular”.

Aqui não cabe discuti-la minuciosamente, mas apenas relatar que os cursos atuais para tecnólogos suprimem as aulas práticas em detrimento das aulas teóricas, por falta de profissionais qualificados ou de equipamentos e insumos específicos para tal, comprometendo a formação do futuro profissional. Além disto, os estágios quando realizados, não passam pelo rigor de uma estrutura e supervisão adequadas.

O que se observa no mercado de trabalho é o reflexo destes descaminhos e da falta de uma melhor estruturação da formação destes profissionais para enfrentar os desafios cada vez maiores desta área.

A falta de conhecimentos sobre radioproteção advinda dos cursos de formação, impõe por si só a necessidade de que toda empresa pública ou privada implante cursos de educação continuada envolvendo sobretudo conhecimentos de proteção radiológica.

A portaria 453/98 do Ministério da Saúde e 485/05 exigem que se realize anualmente curso de atualização em proteção radiológica, com abordagens mínimas nelas especificadas. Apesar dos modestos conteúdos, não são cumpridas as referidas exigências, nem pelas empresas privadas e tão pouco pelas empresas públicas, as quais deveriam dar exemplo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos neste levantamento bibliográfico pode-se constatar que o mercado de trabalho nos dias atuais apresenta grandes desafios para todos os profissionais envolvidos em radiologia e cardiologia intervencionistas em função dos diversos equipamentos e tecnologias envolvidas, oferecendo diferentes graus de dificuldades todos, porém desafiadores.

Constatou-se que profissionais destas áreas não possuem em sua formação abordagens substanciais de informações relativas à proteção radiológica, desconhecendo seus princípios mais rudimentares, inclusive para sua própria radioproteção.

As doses a que se sujeitam os profissionais ocupacionalmente expostos e o paciente, são consideradas elevadas nos setores de radiologia e cardiologia intervencionista, especialmente em exames de angioplastia, embolizações e ablações. [21,22]

Embora não notificados, foram relatados casos de leopécia* radioinduzida em exames de embolização cerebral, lesões tissulares, dentre outras, indicando a incidência de efeitos determinísticos.

* Efeito determinístico que produz a queda de cabelo, devido a ação dos raios x sobre a pele.

Sugere-se que seja implantado em todos os serviços um Programa de Garantia de Qualidade – PGQ para que se possa otimizar a prática visando a redução das doses ocupacionais e nos pacientes.

A implantação de uma cultura de educação continuada deve ser estimulada na instituição, especialmente nas áreas que utilizam radiações ionizantes, sobretudo em radiologia e cardiologia intervencionistas envolvendo todos os profissionais envolvidos com estas áreas tais como as de hemodinâmica, radiologia intervencionista, centro cirúrgico, dentre outras.

Sugere-se ainda um programa de gerenciamento das doses em pacientes submetidos a procedimentos intervencionistas, especialmente aqueles de alto grau de complexidade, com elevado tempo de radioscopia e de elevado peso corpóreo.

Aguarda-se que em breve seja editada norma específica para controle de qualidade e para radioproteção para a área de radiologia intervencionista.

Novos e diferenciados estudos devem ser realizado, objetivando a constatação das questões relativas ao controle de qualidade, radioproteção e educação continuada das equipes envolvidas em intervencionismo.

São necessárias complementações para responder às necessidades de controle de riscos das novas tecnologias (radiologia digital, tomografia multicortes, PACS, densitometria e teleradiologia).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) International Commission on Radiological Protection – ICRP. *Avoidance of Radioation injures from medical interventional procedures*. ICRP publication 85. Ann ICRP 30 (2), 2000.
- 2) Santos, I.B., **Wilhelm Conrad Roentgen: História do descobridor dos raios X no centenário do grande descobrimento**. Colégio Brasileiro de Radiologia. Edição comemorativa São Paulo SP, 1995.
- 3) Bushong, S.C., *Ciencia, Radiológica para tecnólogos*. Editora Elsevier. Rio de Janeiro, 2010.
- 4) Hoxter, E.A., *Introdução a técnica radiográfica*. Siemens A.G. Editora Edgard Blücher. São Paulo, 1977.
- 5) Stempniak, R.A. *A ciência e a tecnologia do vácuo: Resumo histórico e algumas aplicações*. Sociedade Brasileira de Vácuo. FACAP/CDT. São José dos Campos. SP.2002.
- 6) Oliveira, B.L. *Síntese de nanotubos de carbono (NTC) por deposição química de vapor empregando Fe/CaCO₃ e Fe/NTC como catalizador*. Dissertação de mestrado. COOPE UFRJ. Rio de Janeiro. 2009.
- 7) Grandinetti, H., *História da Radiologia: As primeiras radiografias*. São Paulo. Revista Imagem 2008;30(2):61–69.
- 8) Brasil, Ministério da Saúde. Portaria n. 453, de 1 de junho de 1998. *Dispões sobre as Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico*. Diário Oficial da União, Brasília, 2/06/1998.
- 9) Koch, H.A., Ribeiro, E.C.O., Tonomura, E. T., *Radiologia na formação do médico geral*. Editora Revinter. Rio de Janeiro. 1997.
- 10) Aloan, L., *Hemodinâmica e angiocardiografia*. Editora Atheneu, 2ª edição. Rio de Janeiro. 2009.
- 11) Carnevale, F.C., *Radiologia Intervencionista e Cirurgia Endovascular*. Editora Revinter, Rio de Janeiro, 2006.
- 12) Pereira, A.M.R. *Estudo do Impacto da Descoberta dos Raios-X e das suas Aplicações Médicas em Portugal*. Dissertação de mestrado em química. Universidade de Lisboa – Faculdade de Ciências. Lisboa – Portugal. 2012.
- 13) Biral, A.R., *Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos*. Editora Insular. Florianópolis – SC. 2002.
- 14) M. E. Jardim, I. M. Peres, A. Pereira. “*A imagem fotográfica em Medicina: uma colaboração entre médicos e fotógrafos.*” Comunicação oral aceite para apresentação no “VII Encuentro de la Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur”, Santiago do Chile – Chile (16-20 Outubro de 2012);

- 15) Gottschall, C.A.M., *1929-2009: 80 Anos de cateterismo cardíaco – uma história dentro da história*. Ver. Bras. Cardiologia Invasiva. 2009; 17(2) 246-68
- 16) Tahuata, L., Salati, I.P.A., Prinzio, M.A.R.R.Di. *Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos*. 9ª revisão novembro 2013. Rio de Janeiro. IRD/CNEN.
- 17) Associação Brasileira de Física Médica. *Atribuições do especialista em radiodiagnóstico* [site na internet]. Disponível em: http://www.abfm.org.br/exame_radiodiagnostico.asp. Acessado: 29/04/2005
- 18) Brasil, Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 485, 11 nov. 2005. NR 32: *Segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 nov. 2005, seção 1, p. 80.
- 19) Canevaro, L.V., *Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista*. São Paulo. Revista Brasileira de Física Médica. 2009;3(1):101-115. (artigo de revisão)
- 20) Gronchi, C.C., *Exposição ocupacional às radiações ionizantes nos serviços de hemodinâmica*. São Paulo, 2003. (tese de mestrado)
- 21) Canevaro, L.V., *Avaliação da dose em fluoroscopia gastrointestinal*. Rio de Janeiro. COOPE/UFRJ, 1995. (tese de mestrado)
- 22) Galhardo Júnior, C. *Sala Cirúrgica Híbrida: Uma Nova Realidade no Brasil e no Mundo*. Revista Brasileira de Cardiologia, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 8-10, jan./ fev. 2013.
- 23) Azevedo, A.C.P., Mohamadain, K.E.M., et al. *Estudo comparativo das técnicas radiográficas e doses entre o Brasil e a Austrália*. Revista Brasileira de Radiologia. 2005; 38(5): 343-346
- 24) Oliveira, L. M. *Radiologia e Diagnóstico por Imagem: Ética, Normas, Direitos e Deveres dos Médicos Imaginologistas*. Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR), 2012.
- 25) Rodrigues, B.B.D., Lima, A.L.S., Silva, M.W., Mione, F.R., Canevaro, L.V., Mauricio, C.L.P. *Estimativa dos Níveis de Radiação nas Extremidades Superiores e Inferiores de Médicos Intervencionistas*. Congresso Brasileiro de Física Médica. São Paulo, 2009.
- 26) Rodrigues, B.B.D. *Análise dos aspectos dosimétricos, radioproteção e controle de qualidade em cardiologia intervencionista*. Uma proposta para otimização da prática. Tese de doutorado. COPPE UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.
- 27) Oliveira da Silva, M.W. *Dosimetria de pacientes em cardiologia intervencionista, usando medidores do produto kerma área e filmes radiocrômicos*. Dissertação de mestrado – IRD Rio de Janeiro, 2012.
- 28) Brasil, Ministério da Saúde. Portaria nº 531, de 26 de março de 2012. *Programa Nacional de Qualidade em Mamografia – PNQM*. Diário Oficial da União, Brasília, p. 91 de 27/03/2012.

BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

- 1) Almeida Junior AT, Alonso TC, Nogueira MS, Silva TA. Dose levels in medical staff at hemodynamics services in Minas Gerais State, Brazil: preliminary results. *Radiat Meas.* 2008;43(2):917-20
- 2) Almeida, A.B., *Usando o computador para processamento de imagens médicas.* Informática Médica, Vol 1 nº 6 nov/dez 1998
- 3) Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **Dispositivos de proteção contra radiação x para fins de diagnóstico médico.** ABNT NBR IEC 61331. Rio de Janeiro – RJ; 2004.
- 4) Azevedo E.M., Gomes H.B., Yordi L.M., Moura M.R.S., Laguna A., Fischer L.S., et al. *Impacto das lesões complexas na exposição radiológica durante intervenção coronária percutânea.* Rev Bras Cardiol Invasiva. 2013;21(1):49-53
- 5) Azevedo I.G., et al, *Avaliação dos efeitos da radiação em procedimentos intervencionistas cardíacos.* J Health Sci Inst. 2011;29(2):81-4
- 6) Costa, M.M.B., Nova, J.L.L., Canevaro, L.V. *Efeito da filtração adicional nas doses de radiação e na qualidade das imagens nos exames videofluoroscópicos.* Radiol Bras. 2009 Nov/Dez;42(6):379–387. Da Nova, J.L., *Videodosimetria: Avaliação de dose da radiação x através da imagem vídeo fluoroscópica.* Rio de Janeiro. COOPE UFRJ, 1996 (tese de mestrado).
- 8) **Eisenberg, R.L., *Radiology – An Illustrated History.* Mosby year book, Inc.11830, Westline industrial drive. St. Louis, Missouri, 63146.**
- 9) European Commission. Guidelines on education and training in radiation protection for medical exposures. Radiation Protection 116 [Internet]. Luxemburgo; 2000 [cited 2013 July 4]. Available from: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/116.pdf
- 10) Fischer LS, et al. *Exposição radiológica em procedimentos coronários realizados pelas vias radial e femoral.* Rev Bras Cardiol Invasiva. 2013;21(1):54-9
- 11) Grandinetti, H., *História da Radiologia: As primeiras radiografias.* São Paulo. Revista Imagem 2008;30(2):61–69.

- 12) Gronchi, C.C., *Exposição ocupacional às radiações ionizantes nos serviços de hemodinâmica*. São Paulo, 2003. (tese de mestrado)
- 13) H, et al. Patients skin dose during percutaneous intervention for chronic total occlusion. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2008; 71(2):160-4.
- 14) Hirshfeld JW, Balter S, Brinker JA, Kern MJ, Klein LW, Lindsay BD, et al. ACCF/AHA/HRS/SCAI clinical competence statement on physician knowledge to optimize patient safety and image quality in fluoroscopically guided invasive cardiovascular procedures: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training. *Circulation*. 2005;111(4):511-32
- 15) International Atomic Energy Agency. *10 Recomendaciones para la protección del staff fluoroscopia* [Internet]. [citado 2013 Jul. 2]. Disponible en: <http://rpop.iaea.org/RPOP/RPOP/Content/Documents/Whitepapers/poster-staff-radiation-protection-es.pdf>
- 16) International Atomic Energy Agency. 10 Recomendaciones para la protección del staff en fluoroscopia [Internet]. [citado 2013 Jul. 2]. Disponible en: <http://rpop.iaea.org/RPOP/RPOP/Content/Documents/Whitepapers/poster-staff-radiation-protection-es.pdf>
- 17) International Commission on Radiological Protection. *Education and training in radiological protection for diagnostic and interventional procedures*. ICRP Publication 113. *Ann ICRP*. 2009;39(5)
- 18) International Commission on Radiological Protection. *Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk*. ICRP Publication 99. *Ann ICRP*. 2005;35(4)
- 19) ICRP. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. *Ann ICRP*. 2000;30(2).
- 20) Leyton F., Canevaro L., et al. *Riscos da Radiação X e a Importância da Proteção Radiológica na Cardiologia Intervencionista: Uma Revisão Sistemática*. *Rev Bras Cardiol Invasiva*. 2014;22(1):xx-xx
- 21) M.M., *Radiation-associated lens opacities in catheterization personnel: results of a survey and direct assessments*. *J Vasc Interv Radiol*. 2013;24(2):197-204

- 22) Martins, M.B. e Alves, J.G., *Exposição ocupacional em Portugal*. Sacavém – Portugal. Instituto Tecnológico – ITN, 2010.
- 23) Mattos E.I., Cardoso C.O., Moraes C.V., Teixeira J.V.S., Azmus A.D., Fischer L.S., et al. *Exposição radiológica em procedimentos coronários realizados pelas vias radial e femoral*. Rev Bras Cardiol Invasiva. 2013;21(1):54-9
- 24) McVey S, Sandison A, Sutton DG. *An assessment of lead eyewear in interventional radiology*. J Radiol Prot. 2013;33(3):647-59.
- 25) McVey S, Sandison A, Sutton DG. *An assessment of lead eyewear in interventional radiology*. J Radiol Prot. 2013;33(3): 647-59
- 26) Medeiros R.B., *Proteção radiológica em procedimentos com fluoroscopia*. Disponível em: <http://protecaoradiologica.unifesp.br>. Acessado: 03/06/2005.
- 27) Medeiros, RF. *Padronização da técnica de cateterismo cardíaco visando à proteção radiológica*. In: International Radiation Protection Association (IRPA), Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica (SBPR). 5º Congresso Mundial de Proteção Radiológica; 2001; Recife. Disponível em: <http://www.rogeriofisicamedica.ubbi.com.br/>.Acessado:03/06/2005
- 28) Morrish O.W.E., Goldstone KE. *An investigation into patient and staff doses from X-ray angiography during coronary interventional procedures*. Br J Radiol. 2008;81:35-45
- 29) NR 7- *Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional*. Disponível em http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentado_ras/nr_07_at.pdf [acesso 02 jul 2010].
- 30) Oliveira, N.A., *Ensino médico no Brasil: Desafios e prioridades, no contexto do SUS – um estudo a partir de seis estados brasileiros*. Tese de doutorado em ensino de Biociências e Saúde. Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2007.
- 31) Oliveira, S.M., *Plano de proteção radiológica aplicado à radiografia industrial*. Rio de Janeiro. Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD, 2013.
- 32) Oliveira, S.R. e Azevedo, A.C.P., Carvalho, ACP. *Elaboração de um programa de monitoração ocupacional em radiologia para o Hospital Universitário Clementino Fraga Filho*. Radiol Bras.2003;36:27-34.

- 33) Pereira, A.M., *Estudo do impacto da descoberta dos raios x e das suas aplicações médicas em Portugal*. Dissertação de mestrado em química. Universidade de Lisboa. Faculdade de ciências, departamento de química e bioquímica. Lisboa. Portugal, 2012.
- 34) R. O. Barrachina, J. L. François, M. Scaffoni. *Nuclear Education, Training and Outreach in Latin America and the Caribbean Region*. Paper_170_IAEA_MAY 2014. Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica, 8400 San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. *E-mail contact of main author: barra@cab.cnea.gov.ar*
- 35) Rodrigues, B.B. *Análise dos aspectos, de radioproteção e controle de qualidade em cardiologia intervencionista*. Uma proposta para otimização da prática. Tese de doutorado COOPE UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.
- 36) Rodrigues, B.B.D., Lima, A.L.S., Silva, M.W., Mione, F.R., Canevaro, L.V., Mauricio, C.L.P. *Estimativa dos Níveis de Radiação nas Extremidades Superiores e Inferiores de Médicos Intervencionistas*. Congresso Brasileiro de Física Médica. São Paulo, 2009.
- 37) SAR/IRD. *Sistema de avaliação radiológica (2,2)*. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em [HTTP://www.ird.gov.br](http://www.ird.gov.br). Acesso em 17/08/2013.
- 38) Scremin S.C.G, Schelin H.R., Tilly Jr JG. *Avaliação da exposição ocupacional em procedimentos de hemodinâmica*. São Paulo. Radiologia Brasileira. 2006;39:123-6
- 39) Silva L.P., Maurício C.L.P., Canevaro LV, Oliveira PS. *Avaliação da exposição dos médicos à radiação em procedimentos hemodinâmicos intervencionistas*. Radiol Bras. 2008;41(5):319–323.
- 40) Silva, M.S.R., Houry, H.J., Borrás, C., Oliveira, A.F., Vianna, H.F.P, Oliveira, F.R.A., Japyassú, F.A.A., Mota, F.B., *Dosimetria de pacientes e médicos em intervenções percutâneas em Recife, Pernambuco, Brasil*. Radiologia Brasileira, Volume 44 nº 2 mar/Abr 2011. São Paulo.
- 41) Soares, F.A., Pereira, A.G., Flôr, R.C. *Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura*. Revista Radiologia Brasileira, volume 44, nº 2. Colégio Brasileiro de Radiologia, 2011.

- 42) Souza E, Soares PJM. *Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista*. J Vasc Bras. 2008;7:341-50.
- 43) Souza, E e Soares, J.P.M., *Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista*. J Vasc Bras 2008, Vol. 7, Nº 4 (artigo de revisão)
- 44) Stecker MS, Balter S, Towbin RB, Miller DL, Vano E, Bartal G, et al. Guidelines for patient radiation management. J Vasc Inter Radiol. 2009;20(7 Suppl:S263-73
- 45) SUS, Departamento de Informática – DataSus. *Informações de saúde*. [acessado em]. Disponível <http://tabnet/datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sia/cnv/pauf.def>
- 46) SUS, Departamento de Informática – DataSus. *Informações de saúde*. [acessado em]. Disponível em: <http://tabnet/datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sia/cnv/pasc.def>
- 47) Suzuki S, Furui S, Issiki T, Kozuma K, Koyama Y, Yamamoto Vano E., Kleiman N.J., Duran A., Romano-Miller M., Rehani Vargas F.G., Silva B.S., Cardoso C.O., Leguisamo N, Moraes C.A.R., Moraes C.V., et al. *Impacto do peso corporal dos pacientes na exposição radiológica durante procedimentos cardíacos invasivos*. Rev Bras Cardiol Invasiva.2012;20(1):63-8
- 48) Stempniak, R.A. *A ciência e a tecnologia do vácuo: Resumo histórico e algumas aplicações*. Sociedade Brasileira de Vácuo. FACAP/CDT. São José dos Campos. SP.2002.
- 49) Faria, B.M. *E-Cath: Um sistema de telemedicina para hemodinâmicas utilizando redes de baixas velocidades*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG. 2003.