

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**  
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES  
IONIZANTES NOS SERVIÇOS DE HEMODINÂMICA.**

**CLAUDIA CARLA GRONCHI**

Dissertação apresentada como parte  
dos requisitos para obtenção do Grau  
de Mestre em Ciências na Área de  
Tecnologia Nuclear - Aplicações.

Orientadora:  
Dr<sup>a</sup> Letícia Lucente C. Rodrigues

(versão revisada pelo autor)

**SÃO PAULO**  
**2004**

## AGRADECIMENTOS

À Dr<sup>a</sup> Letícia Lucente Campos Rodrigues, por tornar possível a realização deste trabalho, pela orientação firme e apoio nos momentos de decisão.

À Dr<sup>a</sup> Linda V. Caldas e Dr<sup>a</sup> Janete Cristina G. G. Carneiro, pelas críticas e sugestões fornecidas no Seminário Geral de Área.

Aos técnicos do Laboratório de Dosimetria da Divisão de Calibração e Dosimetria do IPEN, em especial à Maria de Fátima Freitas Martins e Salomão Alves de Medeiros pela paciência e atenção, e ao Dr. José Eduardo Manzoli pela disposição no serviço prestado.

À FUNDACENTRO, pelas facilidades e recursos fornecidos, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

À minha amiga e colega Sonia Garcia Pereira Cecatti, pelo seu incentivo, colaboração, apoio, e principalmente pela sua amizade.

Aos colegas Eduardo Giampaoli, Solange Regina Schaffer e Robson Spinelli Gomes da Coordenação de Higiene do Trabalho pela compreensão e apoio prestado.

Ao colega Francisco Kulcsar Neto, pela colaboração e dicas importantes.

À Laura Furnari, pela atenção, disposição, cooperação e sugestões valiosas para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao José Salvador Caballero, pela disposição e colaboração para a realização do estudo.

À meu pai (*em memória*), de quem me orgulho muito.

À minha mãe, pelo seu amor e apoio nos momentos de decisão.

Ao meu marido Rogério, pelo amor, paciência, compreensão, cooperação e apoio em todas as fases do trabalho.

À minha filha Vanessa, pelas horas que deixei de ficar com ela para concluir este trabalho.

À Laís, pela paciência e carinho.

Aos demais familiares, pelo incentivo e apoio.

À Deus, sem essa força interior seria impossível a realização deste trabalho.

*Dedico este trabalho aos meus pais, Dionísio e Marta,  
ao meu marido Rogério e à minha filha Vanessa.*

*O que for a profundidade do teu ser, assim será teu desejo.*

*O que for o teu desejo, assim será tua vontade.*

*O que for a tua vontade, assim serão teus atos.*

*O que forem teus atos, assim será teu destino.*

*Brihadaranyaka Upanishad.*

# **EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES NOS SERVIÇOS DE HEMODINÂMICA**

**Claudia Carla Gronchi**

## **RESUMO**

Este trabalho teve como finalidade principal estudar a exposição ocupacional às radiações ionizantes dos profissionais dos serviços de hemodinâmica de dois hospitais de grande porte do município de São Paulo.

Para a realização deste estudo foram avaliadas as doses individuais de 279 profissionais dos serviços de hemodinâmica, no período de 1991 a 2002. As doses avaliadas foram extraídas dos bancos de dados de doses individuais do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN e do Serviço de Proteção Radiológica de um dos hospitais objeto desse estudo. Ademais, foram feitas medidas, por meio de dosímetros tipo TLD ( $\text{CaSO}_4:\text{Dy} + \text{Teflon}^{\text{®}}$ ) confeccionados pelo IPEN, de doses efetivas e de doses equivalentes nas mãos e no cristalino, por procedimento de hemodinâmica, dos médicos cardiologistas e auxiliares de enfermagem. Foram averiguadas também, as medidas de proteção adotadas pelos hospitais com auxílio de um questionário específico para os serviços de hemodinâmica. Por último, foi traçado um perfil dos profissionais dos laboratórios de cateterismo cardíaco dos serviços de hemodinâmica, considerando as variáveis tempo de monitoramento individual, idade e sexo.

Esse estudo permitiu observar o comportamento das doses anuais dos profissionais que integram a equipe médica em relação aos limites da Comissão Nuclear de Energia Atômica e da Secretaria de Vigilância Sanitária; e mostrou que os registros de doses anuais de ocupações especializadas similares variariam de um hospital para o outro. Além disso, verificou a necessidade da realização de monitoramento individual das regiões do corpo dos médicos cardiologistas que ficam desprotegidas (mãos e cristalino) durante a realização de procedimentos de hemodinâmica.

## **IONIZING RADIATION OCCUPATIONAL EXPOSURE IN THE HEMODYNAMIC SERVICES**

**Claudia Carla Gronchi**

### **ABSTRACT**

The purpose of this research is to study the ionizing radiation occupational exposure in hemodynamic services of two hospitals of large scale of the São Paulo city.

The research looked into annual doses that 279 professionals of hemodynamic services were exposed to between 1991 and 2002. The data analyzed was collected from a database of the Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, and from a Radiological Protection Department of one of the hospitals object of this study. Besides, were made measures of equivalent doses of the hands and of the crystalline lens for hemodynamic procedures of the physicians, assistant physicians and nurses' aid with TL dosimeters (CaSO<sub>4</sub>:Dy + Teflon<sup>®</sup>) produced by Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, and the control measurements adopted by the hospitals were verified with aid of a specific questionnaire for the hemodynamic services. Completing, a profile of the professionals of the cardiac catheterism laboratories of the hemodynamic services was delineated, considering the variables of individual monitoring time, age and sex.

This study allowed to observe the behavior of the professionals' annual doses of these hemodynamic services in relation to Comissão Nacional de Energia Nuclear and Secretaria de Vigilância Sanitária limits, and it showed that the annual doses of the same specialized occupations would vary a hospital for the other. Besides, it verified the need of individual monitoring of the regions of unprotected physicians' body (hands and crystalline lens) during the performance of hemodynamic procedures.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVO</b>	<b>18</b>
<b>2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>18</b>
<b>3 FUNDAMENTOS TÉCNICOS E LEGAIS</b>	<b>19</b>
<b>3.1 LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO</b>	<b>19</b>
3.1.1 GERADOR	19
3.1.2 TUBO DE RAIOS-X	20
3.1.3 FLUOROSCOPIA	21
3.1.4 INTENSIFICADOR DE IMAGEM	21
3.1.5 CINE	21
<b>3.2 LIMITES DE DOSE</b>	<b>22</b>
<b>3.3 EFEITOS À SAÚDE</b>	<b>24</b>
<b>3.4 MONITORAMENTO INDIVIDUAL ROTINEIRO PARA EXPOSIÇÃO EXTERNA</b>	<b>26</b>
<b>3.5 DISPOSIÇÃO E QUANTIDADE DE DOSÍMETROS</b>	<b>29</b>
<b>3.6 SISTEMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA</b>	<b>32</b>
3.6.1 PRINCÍPIO ALARA NOS LABORATÓRIOS DE CATETERISMO CARDÍACO	33
3.6.2 RECOMENDAÇÕES SOBRE MEDIDAS DE CONTROLE DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES PARA OS SERVIÇOS DE HEMODINÂMICA.	38
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>44</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>50</b>
<b>5.1 ANÁLISE DAS DOSES ANUAIS DA EQUIPE MÉDICA DO SERVIÇO DE HEMODINÂMICA DO HOSPITAL A</b>	<b>50</b>
5.1.1 DOSES ANUAIS DOS MÉDICOS	50
5.1.2 DOSES ANUAIS DOS MÉDICOS RESIDENTES	52
5.1.3 DOSES ANUAIS DOS ESTAGIÁRIOS DE NÍVEL SUPERIOR	54

5.1.4 DOSES ANUAIS DOS AUXILIARES DE ENFERMAGEM	57
5.1.5 DOSES ANUAIS DOS ENFERMEIROS	59
5.1.6 DOSES ANUAIS DOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS	61
5.1.7 DOSES ANUAIS DOS OPERADORES DE RAIOS-X	63
5.1.8 DOSES ANUAIS DOS PROFISSIONAIS CLASSIFICADOS COMO OUTRO	65
<b>5.2 ANÁLISE DAS DOSES ANUAIS DA EQUIPE MÉDICA DO SERVIÇO DE HEMODINÂMICA DO HOSPITAL B E COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DO HOSPITAL A.</b>	<b>67</b>
5.2.1 DOSES ANUAIS DOS MÉDICOS	67
5.2.2 DOSES ANUAIS DOS ENFERMEIROS	70
5.2.3 DOSES ANUAIS DOS AUXILIARES DE ENFERMAGEM	70
<b>5.3 AVALIAÇÃO DAS DOSES EFETIVAS E DAS DOSES EQUIVALENTES NAS MÃOS E NO CRISTALINO, POR PROCEDIMENTO DE HEMODINÂMICA, DOS MÉDICOS CARDIOLOGISTAS (PRINCIPAL E ASSISTENTE) E DOS AUXILIARES DE ENFERMAGEM DO SERVIÇO DE HEMODINÂMICA DO HOSPITAL B.</b>	<b>72</b>
<b>5.4 MEDIDAS DE CONTROLE DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES ADOTADAS NOS SERVIÇOS DE HEMODINÂMICA DOS HOSPITAIS A E B.</b>	<b>76</b>
<b>5.5 PERFIL DOS PROFISSIONAIS DOS SERVIÇOS DE HEMODINÂMICA</b>	<b>81</b>
5.5.1 EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL TEMPO DE MONITORAMENTO INDIVIDUAL DO HOSPITAL A	81
5.5.2 EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL TEMPO DE MONITORAMENTO INDIVIDUAL DO HOSPITAL B	82
5.5.3 EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL IDADE DO HOSPITAL A	83
5.5.4 EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL IDADE DO HOSPITAL B	84
5.5.5 EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL SEXO DO HOSPITAL A	84
5.5.6 EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL SEXO DO HOSPITAL B	85
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO II</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO III</b>	<b>94</b>
<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>103</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Grande parte das exposições de indivíduos à radiação ionizante é de origem médica, seja no diagnóstico ou no tratamento de doenças. No entanto, a maior parcela de profissionais expostos a essas radiações provém do radiodiagnóstico, uma vez que a dose de radiação usada para produzir a informação diagnóstica ou para conduzir um procedimento de radiologia intervencionista não pode ser reduzida indefinidamente sem prejudicar o resultado pretendido.

Desde a primeira radiografia da história feita por Wilhelm Conrad Roentgen em 1895, a utilização dos raios-X nas diversas áreas médicas, principalmente na radiologia, vem ocorrendo de maneira contínua e progressiva.

A radiologia intervencionista realizada através de estudos hemodinâmicos teve um crescimento muito grande na sua aplicação quando comparada com outros tipos de tratamentos nos últimos anos. Faulkner et al. (2000) mencionam que este crescimento é devido, em parte, à alta tecnologia aplicada nesses tipos de estudos, à melhoria substancial dos equipamentos de imagem de raios-X, ao refinamento do projeto do cateter, ao tratamento de pacientes sem necessidade de anestesia geral e, principalmente, às situações em que a cirurgia não é possível ser realizada. Nakamura et al. (2000) relatam que um dos fatores responsável pelo aumento da exposição à radiação em radiologia intervencionista é o aumento do número de pacientes submetidos a esse tratamento.

Segundo Cardoso (2001), o aumento do número de serviços de hemodinâmica no Brasil desencadeou um incremento nos procedimentos cardíacos para fins diagnósticos e terapêuticos.

De acordo com os registros de dados da Central Nacional de Intervenções Cardiovasculares<sup>1</sup> (CENIC, 2003), em 2002 no Brasil, estavam cadastrados 374 médicos intervencionistas, 208 hospitais com serviços de hemodinâmica na região sudeste, 77 na região sul, 61 na região nordeste, 33 na região centro-oeste e 16 na região norte e, foram realizadas 23.611 intervenções coronárias. No triênio 2000 – 2002, foram realizadas 68.426 intervenções coronárias no Brasil.

O estudo hemodinâmico por intermédio de cateterismo cardíaco teve início com Forsmann em 1929 na Alemanha, quando introduziu na veia antecubital de seu braço direito uma sonda, e a fez avançar às cavidades cardíacas, demonstrando esse posicionamento radiologicamente (Gottschall, 1994).

A expressão ‘estudo hemodinâmico’ significa o uso de métodos diagnósticos que servem para auxiliar na compreensão da doença ou da saúde circulatória por meio de cateterismo cardiovascular. O estudo da dinâmica circulatória pelo cateterismo intravascular e/ou intracavitário, com tubos de plástico ou teflon flexíveis de diversos tamanhos e formas, chamados de cateteres, representa hoje em dia a mais legítima expressão do estado funcional cardíaco, definindo com melhor precisão o real estado cardiovascular do paciente do que qualquer outro método diagnóstico (Gottschall, 1994).

O procedimento de cateterismo cardíaco com auxílio de raios-X permite observar: a) a coleta de amostras sanguíneas; b) o registro das imagens; c) o trajeto e posição do cateter; d) as pressões de contratilidade miocárdia; e) a medida de débito cardíaco; f) a oximetria venosa e artéria; g) as resistências vasculares; h) o eletrocardiograma e fono intracavitários; i) a angio e cineangiocardiografia; j) os volumes cavitários; e j) as aplicações terapêuticas (Gottschall, 1994).

---

<sup>1</sup> Central Nacional de Intervenções Cardiovasculares (CENIC) – órgão oficial da Sociedade Brasileira de Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista (SBHCI), criado em 1991, com o objetivo de documentar o desempenho da especialidade no Brasil.

Em geral, o procedimento é realizado com a introdução de um cateter em uma artéria ou veia do braço chamado acesso braquial, ou em uma artéria da perna chamado acesso femoral. Pelo cateter é injetado um líquido contrastante que permite visualizar, por meio de um aparelho de raios-X, os vasos e as cavidades do coração. As imagens, dependendo do tipo de aparelho hemodinâmico, são gravadas em filme de 35 mm, fita VHS ou CD-ROM para posterior análise. Geralmente, o tempo de duração deste tipo de procedimento é de 30 a 60 minutos, considerando desde o preparo do paciente até o final do exame.

A equipe de profissionais envolvidos nos procedimentos de cateterismo cardíaco é geralmente composta por um ou dois cardiologistas especializados em hemodinâmica, um enfermeiro e ou auxiliares de enfermagem capacitados, um técnico de raios-X especialista em equipamentos de hemodinâmica e um anestesista (caso seja necessário o seu serviço).

O risco radiológico para a equipe médica em laboratórios de cateterismo cardíaco dos serviços de hemodinâmica é de grande preocupação na proteção radiológica ocupacional de um hospital.

Segundo a International Commission on Radiological Protection<sup>2</sup> (ICRP,1991), a exposição individual em cateterismo cardíaco é considerada mais alta quando comparada com a exposição ocupacional à radiação ionizante proveniente de outro tipo de procedimento radiológico e, a equipe médica que realiza este tipo de procedimento pode receber doses próximas aos limites ocupacionais por ela sugeridos.

A área de radiologia por imagem tem um potencial para produzir exposições ocupacionais relativamente altas. Durante a técnica de cateterismo cardíaco é utilizada a fluoroscopia para colocação de cateteres centrais e marcapassos temporários. A fluoroscopia pode ser prolongada fornecendo

---

<sup>2</sup> International Commission on Radiological Protection (ICRP) – órgão independente criado em 1928, que tem por finalidade prover recomendações de proteção apropriadas ao homem sem limitar o benefício das práticas com radiação ionizante.

relativamente um potencial de alto risco de exposição à radiação ionizante para o médico e seus assistentes (Geise e O’Dea, 1999; Nakamura et al., 2000). De acordo com a National Council on Radiation Protection and Measurements<sup>3</sup> (NCRP, 1990), em parte da técnica de hemodinâmica usa-se a cine para gravação das imagens, que também resulta em alta exposição individual para a equipe médica.

Estudos internacionais mostram que a dose do médico é a mais alta entre os componentes da equipe, por ser esse o profissional que permanece o mais próximo ao paciente e à fonte de raios-X por um longo período de tempo durante o procedimento (Li et al., 1995); (Vaño et al., 1998); (Padovani et al., 2001); (Kottou et al., 2001). Além disso, à medida que aumenta o número de exames, aumenta a dose desses profissionais.

Alguns estudos prévios foram dirigidos principalmente para medições de doses nas mãos dos médicos que realizam procedimentos hemodinâmicos em pacientes adultos (Geise e O’Dea, 1999; Ban et al., 2000). Outros estudos confirmaram que os médicos que executam cateterismo recebem doses altas de radiação no nível do tórax (ICRP, 1991).

A magnitude da dose recebida depende de uma série de fatores, tais como o tipo e a idade do equipamento de raios-X, o tamanho do paciente, a disponibilidade de dispositivos de proteção e a distância do paciente adotada pelo médico durante o procedimento de hemodinâmica (Geise e O’Dea, 1999).

A exposição à radiação ionizante em laboratórios de cateterismo cardíaco tem sido estudada há mais de três décadas, conforme se constata nos estudos de Maslky et al. (1971), Reuter e Godin (1978), Jeans e Faulkner (1985), Renaud (1992), Faulkner e Marshall (1992), Karppinen et al. (1995), Willian et al. (1997), Vaño et al. (1998), Yu et al. (2000), Kotou et al. (2001), e Jankowisky et al. (2002), dentre outros.

---

<sup>3</sup> National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) – órgão não governamental estabelecido em 1929 nos Estados Unidos, com a finalidade de elaborar recomendações com base científica para proteção radiológica.

## 1.1 Revisão bibliográfica

As doses altas recebidas pela equipe médica dos laboratórios de cateterismo sempre causaram preocupação aos profissionais que atuam na proteção radiológica dos hospitais. Desde o início da década de 70, muitos estudos sobre as doses desses profissionais foram publicados pela comunidade científica internacional.

Os resultados destes estudos são bastante diversos, e muitos fatores contribuem para que ocorra essa variação, como a ausência de uma metodologia de medição da exposição aos raios-X durante os procedimentos na área de radiologia intervencionista, a complexidade do campo de irradiação que se forma ao redor do paciente e da equipe médica, a irregularidade no uso dos dosímetros individuais pela equipe médica, a idade e a diversidade de equipamentos existentes nos serviços de hemodinâmica, as características próprias de cada equipe médica ou do médico ao realizar os procedimentos hemodinâmicos, o tamanho do paciente, e o uso de equipamentos de proteção coletiva e individual implantados nos laboratórios de cateterismo cardíaco.

O estudo de Malsky et al. (1971) apresentou o valor de 0,5 mSv (50 mrem)<sup>4</sup> na leitura do filme dosimétrico posicionado na região do tronco sob o avental plumbífero do médico cardiologista principal durante um procedimento de cateterismo cardíaco.

Segundo Ardran et al. (1972), a exposição média por procedimento de hemodinâmica recebida na região do tronco sob o avental do médico foi de  $5,16 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}$  (2 mR).

Reuter et al. (1978), em quatro procedimentos observados, obtiveram para o cardiologista principal valores de exposição média de  $75,3 \times 10^{-7} \text{ C.Kg}^{-1}$  (29,2 mR) para os olhos e  $64,7 \times 10^{-7} \text{ C.Kg}^{-1}$  (25,1 mR) para a tireóide, e para o cardiologista assistente a exposição média foi de  $36,6 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}$  (14,2 mR) e  $32,0 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}$  (12,4 mR) para os olhos e tireóide, respectivamente. Além disso, seu estudo apresenta um sumário de exposições médias registradas por

---

<sup>4</sup> As definições das grandezas e unidades dosimétricas estão descritas no Anexo III.

procedimento de cateterismo cardíaco realizada por diversos pesquisadores, conforme mostra a Tabela 1. Segundo esses pesquisadores, as variações dos dados de exposição individual são atribuídas a diferentes técnicas adotadas pelos médicos cardiologistas e variedade de aparelhos hemodinâmicos.

TABELA 1 - Resumo de exposições médias registradas por procedimento de cateterismo cardíaco

EXPOSIÇÃO MÉDIA						
Pesquisador	Mão direita		Olhos		Pescoço	
	C.kg <sup>-1</sup>	mR	C.kg <sup>-1</sup>	mR	C.kg <sup>-1</sup>	mR
<b>Ardnan and Fursdon</b>						
Cardiologista	-	-	9,03 x 10 <sup>-7</sup>	3,5	11,9 x 10 <sup>-7</sup>	4,6
<b>Gignac</b>						
médico	16,5 x 10 <sup>-7</sup>	6,4	43,1 x 10 <sup>-7</sup>	16,7	18,3 x 10 <sup>-7</sup>	7,1
<b>Malsky et al.</b>						
Cardiologista	46,1 x 10 <sup>-7</sup>	18	62,0 x 10 <sup>-7</sup>	24	368 x 10 <sup>-7</sup>	143
Residente Senior	77,4 x 10 <sup>-7</sup>	30	85,1 x 10 <sup>-7</sup>	33	397 x 10 <sup>-7</sup>	154
<b>Properzio</b>						
Médico	18,1 x 10 <sup>-7</sup>	7	38,7 x 10 <sup>-7</sup>	15	13,0 x 10 <sup>-7</sup>	5
Técnico	38,7 x 10 <sup>-7</sup>	15	41,2 x 10 <sup>-7</sup>	16	64,5 x 10 <sup>-7</sup>	25
<b>Stacey et al.</b>						
Cardiologista	30,1 x 10 <sup>-7</sup>	12	38,7 x 10 <sup>-7</sup>	15	126 x 10 <sup>-7</sup>	49
<b>Wold et al.</b>						
Médico	67,4 x 10 <sup>-7</sup>	26	72,2 x 10 <sup>-7</sup>	28	105 x 10 <sup>-7</sup>	41
<b>Rueter et al.</b>						
Médico 1	71,1 x 10 <sup>-7</sup>	27,8	31,7 x 10 <sup>-7</sup>	12,3	19,3 x 10 <sup>-7</sup>	7,5
Médico 2	24,0 x 10 <sup>-7</sup>	24,0	11,6 x 10 <sup>-7</sup>	4,5	< 10,3 x 10 <sup>-7</sup>	< 4

Fonte: Tabela extraída de Reuter et al. (1978).

Gertz et al. (1982) realizaram um estudo relacionando a angulação do tubo de raios-X durante um procedimento de cateterismo cardíaco e a barreira de proteção do equipamento de hemodinâmica. Obtiveram uma taxa de exposição de  $0,03 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  (41mR/h) na região dos olhos e tireóide durante o uso da fluoroscopia a 95 kVp e 1 mA.

Jeans et al. (1986) realizaram uma investigação sobre a carga de trabalho dos cardiologistas, e apresentaram valores de doses acumuladas em 6 meses de 60,74 mGy e 17,70 mGy nas mãos e olhos, respectivamente.

O NCRP (1990) apresenta valores de equivalentes de doses estimados durante um procedimento de cateterismo, um procedimento de angioplastia e um procedimento de implante de marcapasso, conforme apresenta a Tabela 2 da página 17.

Renauld (1991) relata intervalos de doses equivalentes anuais para os diversos profissionais que compõem a equipe de trabalho no laboratório de cateterismo. Os médicos foram os profissionais que receberam maior dose, no intervalo de 20 a 30 mSv/ano, as enfermeiras tiveram doses no intervalo de 8 a 16 mSv/ano, 2 mSv/ano para os técnicos e de 0 a 2 mSv/ano para o assistente técnico.

Karppinen et al (1995) mencionam que alguns estudos envolvendo cardiologistas relatam doses equivalentes nos olhos por procedimento no intervalo de 24 a 1300  $\mu$ Sv e dose efetiva anual no intervalo de 5,6 a 10 mSv.

Os estudos de McKetty (1995) mostraram que as leituras dos filmes dosimétricos usados sob o avental na região da cintura variaram de 0 a 5,6 mSv/mês, e para os filmes usados acima do avental na região do pescoço variaram de 0 a 25,2 mSv/mês. Para toda a equipe médica do laboratório de cateterismo cardíaco, a média das leituras dos filmes posicionados na região do pescoço foi de 3,6 mSv/ano, e a leitura máxima foi de 33,9 mSv/ano. Além disso, os estudos relatam que as taxas de exposição medidas em diferentes pontos do laboratório de cateterismo cardíaco variaram bastante. Tais resultados já eram esperados, pois há uma certa dependência do direcionamento do feixe de raios-X durante os procedimentos hemodinâmicos.

Ainda segundo McKetty, as taxas de exposição medidas a aproximadamente 30 cm na lateral da cabeça do paciente, durante diferentes procedimentos de fluoroscopia em uma amostra de oito pacientes, variaram entre  $0,003 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}\text{s}^{-1}$  (5 mR/h) e  $0,345 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}\text{s}^{-1}$  (482 mR/h). A leitura mais alta foi obtida quando o tubo de raios X estava posicionado em vista oblíqua. As

taxas de exposição medidas no topo da mesa do paciente no lado oposto onde os médicos estavam posicionados foram de  $0,286 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}\text{s}^{-1}$  (40 mR/h) a  $0,411 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}\text{s}^{-1}$  (574 mR/h). A taxa de exposição onde permaneceram as enfermeiras durante os procedimentos foi de  $0,143 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}\text{s}^{-1}$  (2 mR/h).

Alguns valores de doses equivalentes para o cristalino de radiologistas no intervalo de 450 a 900 mSv/ano são mostrados no estudo realizado por Vaño et al. (1998a), e, em um outro estudo dos mesmos autores (1998b), os valores de doses equivalentes por procedimento nas regiões do corpo dos profissionais da equipe médica dos laboratórios de cateterismo cardíaco, que não estavam protegidas pelo avental plumbífero, foi de 0,364 mSv na mão esquerda; 0,191 mSv na mão direita; 0,618 mSv no antebraço; 0,646 mSv no braço; 0,252 mSv no ombro; 0,294 mSv no olho esquerdo e 0,167 mSv no olho direito.

Uma estimativa de doses recebidas pelos médicos usando avental plumbífero durante procedimentos de angiografia foi realizada por Lima et al. (2000) em uma clínica radiológica em Recife, na qual obtiveram valores médios de doses de 360  $\mu\text{Sv}$  para os olhos, 140  $\mu\text{Sv}$  para a tireóide, 120  $\mu\text{Sv}$  para as gônadas, 110  $\mu\text{Sv}$  para os joelhos, 330  $\mu\text{Sv}$  para mão direita e 530  $\mu\text{Sv}$  para a mão esquerda.

A investigação de Yu X. R. et al (2000) apresentou dados de dose efetiva anual no intervalo de 12,38 a 168,64 mSv para radiologistas intervencionistas.

Kottou S. et al. (2001) realizaram um experimento com 15 cardiologistas e 5 enfermeiras de 5 serviços de hemodinâmica no período entre 1998 e 1999, usando dosímetros termoluminescentes (TLD-100 chips LiF:Ti,Mg), e obtiveram um valor médio de dose equivalente anual para os cardiologistas de 15,2 mSv e para as enfermeiras de 3,8 mSv.

Jankowski et al. (2002) apresentaram valores médios mensais de doses equivalentes nas mãos na ordem de 37 mSv; 31 mSv; 2,3 mSv e 1,53 mSv, para os médicos assistentes, médicos, enfermeiros e radiologistas respectivamente.



TABELA 2 – Equivalentes de doses por procedimento da equipe médica durante estudos cardíacos.

Categoria profissional	Cateterismo (mSv/procedimento)				Angioplastia (mSv/procedimento)				Implante de marcapasso (mSv/procedimento)			
	Dose de superfície sem avental	Dose de superfície com avental	mãos	olhos	Dose de superfície sem avental	Dose de superfície com avental	mãos	olhos	Dose de superfície sem avental	Dose de superfície com avental	mãos	olhos
Cardiologista	1,6	0,09	2,1	0,6	3,1	0,2	4,2	1,0	0,14	0,01	0,2	0,05
Cardiologista de costas durante a cine	0,3	0,01	0,3	0,2	1,5	0,1	1,9	0,7				
Tecnologista	0,08	<0,01	0,09	0,02	0,2	0,01	0,2	0,05	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Tecnologista de costas durante a cine	0,04	<0,01	0,04	0,01	0,1	0,01	0,1	0,03				
Enfermeira ou anestesista	0,3	0,02	0,4	0,2	0,8	0,06	0,9	0,5	0,04	<0,01	0,04	0,03

Fonte: Tabela extraída do NCRP nº 107, 1990

## **2 OBJETIVO**

- Este trabalho tem como objetivo principal realizar um estudo da exposição ocupacional às radiações ionizantes da equipe médica dos serviços de hemodinâmica de dois hospitais de grande porte do município de São Paulo.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Analisar as doses anuais dos profissionais que integram as equipes médicas dos laboratórios de cateterismo cardíaco dos serviços de hemodinâmica dos hospitais selecionados para este estudo.
- Avaliar as doses efetivas e as doses equivalentes nas mãos e no cristalino, por procedimento de hemodinâmica, recebida pelos médicos cardiologistas (principal e assistente) e pelos auxiliares de enfermagem do serviço de hemodinâmica de um desses hospitais selecionados, utilizando dosímetros termoluminescentes.
- Verificar as medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes adotadas pelos serviços de hemodinâmica desses hospitais selecionados;
- Esboçar um perfil das ocupações especializadas que integram as equipes médicas dos serviços de hemodinâmica desses hospitais.

### **3 FUNDAMENTOS TÉCNICOS E LEGAIS**

#### **3.1 Laboratório de cateterismo cardíaco**

Basicamente um laboratório de cateterismo cardíaco dispõe de um equipamento de hemodinâmica composto pelo gerador, um tubo de raios-x localizado abaixo da mesa do paciente, uma armação do equipamento de fluoroscopia em formatos de C, U ou L que pode girar cerca de 360° graus em torno do paciente, um intensificador de imagem acima da mesa do paciente, um sistema de televisão, microprocessadores para registros dos parâmetros do paciente durante o procedimento, e do lado de fora do laboratório de cateterismo encontra-se o comando do equipamento de hemodinâmica, onde é feita a programação do procedimento. A equipe médica posiciona-se em volta da mesa do paciente durante o procedimento hemodinâmico, e os médicos ficam próximos ao paciente e ao tubo de raios-X.

O procedimento hemodinâmico consiste na introdução de um cateter em uma veia ou artéria do paciente pelo acesso femoral ou braquial. O acompanhamento do posicionamento do cateter ao local de interesse é realizado com o auxílio de um tubo de raios-X no modo escopia, e visualizado em monitores de TV. Quando o local de interesse do estudo hemodinâmico é alcançado, os raios-X passam a ser utilizados no modo cine, onde o médico filma e registra um determinado número de aquisições de acordo com os quadros por segundo necessários para a realização do procedimento. As imagens são gravadas em filme de 35 mm, fitas VHS ou CD-Rom. Embora a sala de procedimento seja chamada de laboratório de cateterismo cardíaco, outros procedimentos são realizados, tais como implantes de marcapassos, angiografia coronária transluminal percutânea (PCTA), angioplastia, entre outros.

##### **3.1.1 Gerador**

O gerador tem como função transformar uma corrente trifásica em uma corrente de alta tensão que possibilita ao tubo de raios - X gerar um feixe de raios - X. Em hemodinâmica, o gerador é combinado com um sistema de cine-

pulso que interrompe o fluxo de raios-X por breves períodos de tempo, permitindo um aumento na nitidez das artérias coronárias.

Além disso, controla a energia do tubo de raios-X, o tempo da exposição radiográfica, e faz o ajuste da dose de raios-X por imagem. Para obter uma boa imagem, ajusta automaticamente o tamanho do foco de acordo com a angulação do tubo durante o procedimento.

A qualidade da imagem depende basicamente de três fatores: voltagem (kilovoltagem, kV); corrente (miliamperagem, mA); e tempo de exposição (milissegundos, mseg). Uma combinação aceitável entre esses três parâmetros é fundamental para a obtenção de uma boa imagem e uma dose baixa para o paciente e equipe médica (Aldridge et al., 1997; Bashore et al., 2001; Cardoso et al., 2001).

Os geradores mais modernos são compactos, controlados por microprocessadores e possuem controle de exposição automático que provê uma ótima combinação entre a voltagem do tubo de raios-X, a corrente e o tempo de exposição para uma visualização mais rápida do movimento das artérias coronárias com contraste adequado (Aldridge et al., 1997; Bashore et al., 2001).

### **3.1.2 Tubo de raios-X**

O tubo de raios-X, localizado abaixo da mesa do paciente, consiste de um recipiente de metal ou vidro, com vácuo, imerso em um óleo que permite isolamento e resfriamento adequado. No seu interior contém um filamento de tungstênio e um disco anódico. Por meio de uma diferença de potencial aplicada entre o cátodo e o anodo, os elétrons liberados pelo filamento aquecido do cátodo são acelerados em direção a uma superfície inclinada do anodo giratório. Com o impacto os elétrons são bruscamente desacelerados gerando fótons de raios-X, que são liberados do tubo por meio de uma abertura colimada e direcionada ao paciente. Durante esse processo, 99% da energia produzida é na forma de calor e 1% na forma de raios-X (Aldridge et al., 1997; Bashore et al., 2001; Cardoso et al., 2001).

### **3.1.3 Fluoroscopia**

As unidades de fluoroscopia são freqüentemente usadas na investigação da dinâmica do corpo humano. A maioria dos sistemas de fluoroscopia consiste de um tubo de raios-X, um intensificador de imagem e um monitor de TV. Através desse sistema pode-se ver a imagem em tempo real em uma tela fluorescente (Aldridge et al., 1997; Bashore et al., 2001).

### **3.1.4 Intensificador de imagem**

O intensificador de imagem tem como função converter o feixe de radiação proveniente do tubo de raios-X em luz para que a imagem radiológica possa ser visualizada e gravada. Basicamente consiste de um invólucro de vidro, alumínio ou metal não-ferromagnético, com vácuo, contendo uma tela fluorescente de entrada feita de cristais de iodeto de céσιο, que absorve cerca de 60% da energia dos raios-X incidentes, convertendo seu padrão em luz visível. Sobre a tela fluorescente existe uma outra tela de céσιο - antimônio que converte os fótons em elétrons, pelo efeito fotoelétrico. Os elétrons são acelerados e direcionados com auxílio dos eletrodos de focalização para a tela fluorescente de saída, feita de sulfeto de zinco-cádmio, ativado com prata. A luz emergente de saída é focalizada no alvo da câmara de TV por um sistema de lentes, e um diafragma é colocado entre as lentes para controlar sua intensidade. O alvo da câmara de TV é varrido por um feixe de elétrons em uma série de linhas horizontais de modo a ler a intensidade da luz. O monitor de TV converte o sinal luminoso em imagem (Aldridge et al., 1997; Bashore et al., 2001; Cardoso et al., 2001).

### **3.1.5 Cine**

A cine são séries de quadros (“photospots”) obtidas rapidamente e gravadas em filme de 35 mm, fita VHS ou CD-ROM. A freqüência dos quadros aparece em frações ou múltiplos de 30 quadros por segundo (15, 30, 45 ou 60 quadros por segundo), sendo que atualmente é usado 15 quadros por segundo. Para cada série de quadros por segundo obtem-se uma aquisição que é a imagem radiografada da área de interesse. Durante o procedimento, 90% da luz

vai para cine e 10% para a câmara, permitindo ao médico monitorar o procedimento (Aldridge et al., 1997; Bashore et al., 2001).

### **3.2 Limites de dose**

De acordo com o disposto na Diretriz de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico da Portaria 453/98 da Secretaria de Vigilância Sanitária (Brasil,1998), os limites de dose individual são valores de dose efetiva ou de dose equivalente estabelecidos para exposição ocupacional e exposição do público decorrentes de práticas controladas, cujas magnitudes não devem ser excedidas, e não devem ser considerados como uma fronteira entre seguro e perigoso.

Segundo o ICRP (1991), os limites de dose são necessários como parte do controle da exposição ocupacional. O objetivo da Comissão que redigiu o guia ICRP 60 foi de auxiliar as agências nacionais, regionais e internacionais nos fundamentos da proteção radiológica.

Nesse sentido, a Comissão recomenda para exposição ocupacional um limite de dose efetiva de 20 mSv por ano, mediados sobre 5 anos (100 mSv em 5 anos) com condição posterior de que a dose efetiva não exceda 50 mSv em um único ano qualquer. O período de 5 anos deve ser definido pelo órgão regulador em períodos distintos de 5 anos do calendário, e não deve ser introduzido retroativamente.

Quanto ao cristalino, essa Comissão recomenda um limite de dose equivalente anual de 150 mSv. Para impedir efeitos determinísticos para exposições localizadas na pele, o limite recomendado é de 500 mSv por ano, mediado sobre 1 cm<sup>2</sup> de pele, independente da área exposta. Esse limite pode ser aplicado também aos tecidos das mãos e dos pés.

Para mulheres grávidas, a Comissão recomenda um limite de dose equivalente suplementar na superfície do abdômen de 2 mSv durante a gravidez.

Em situações onde o profissional pode estar continuamente exposto a um valor elevado de dose, próximo ao limite individual, de modo que a dose

efetiva acumulada pode estar se aproximando de um valor inaceitável, o ICRP (1991) recomenda a determinação de guias de dose vinculadas como uma prática de otimização. Esses guias não podem ser superiores ao limite ocupacional estabelecido pelo órgão regulador, e geram uma melhoria ou o uso de um valor de investigação que exija uma revisão formal dos procedimentos para otimizar a proteção. Devem ser escolhidos em função da fonte de radiação e por categoria de operação com base nos resultados de otimização.

No Brasil, o órgão responsável pela regulamentação na área de energia nuclear é a Comissão Nacional de Energia Atômica (CNEN), que por meio da Resolução CNEN – 12/88, publicada no Diário Oficial da União de 01 de agosto de 1988, estabeleceu a Norma Experimental - CNEN – NE – 3.01 – Diretrizes Básicas de Radioproteção, na qual apresenta os Limites Primários Anuais de Dose Equivalente Efetiva de 50 mSv para o trabalhador e de 1 mSv para o indivíduo do público, conforme mostra a Tabela 5.

Essa Diretriz estabelece também, que a dose no abdômen em mulheres com capacidade reprodutiva não deve exceder a 10mSv, em qualquer período de 3 meses consecutivos, e a dose acumulada no feto durante o período de gestação não deve exceder a 1 mSv.

TABELA 5 – Limites Primários Anuais de Dose Equivalente

Dose Equivalente	Trabalhador	Indivíduo do Público
Dose equivalente efetiva	50 mSv	1 mSv
Dose equivalente para órgão ou tecido T	50 mSv	1 mSv / $w_T^{**}$
Dose equivalente para pele	500 mSv	50 mSv
Dose equivalente para o cristalino	150 mSv	50 mSv
Dose equivalente para extremidades*	500 mSv	50 mSv

Fonte: Tabela extraída da Norma CNEN/NE- 3.01/88

\* Extremidades são: mãos, antebraços, pés e tornozelos.

\*\*  $w_T$  – fator de ponderação para o tecido ou órgão T.

Em 1998, a Secretaria de Vigilância Sanitária - SVS do Ministério da Saúde, no uso de suas atribuições legais, aprovou a Portaria nº 453 de 1º de junho (Brasil, 1998), na qual apresenta o Regulamento Técnico “Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico” que trata dos requisitos básicos de proteção radiológica em radiodiagnóstico, e disciplina a prática com raios-X para fins diagnósticos e intervencionistas. No âmbito ocupacional, estabelece que as exposições decorrentes de todas as práticas devem ser controladas de modo que os valores limites estabelecidos na Norma da CNEN NE – 3.01 não sejam excedidos, mas, nas práticas abrangidas por ela, o controle dos limites de dose deve ser feito da seguinte maneira:

- ✓ A dose efetiva média anual não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano;
- ✓ A dose equivalente anual não deve exceder a 500 mSv para extremidades e 150 mSv para o cristalino;
- ✓ Para mulheres grávidas devem ser observados os seguintes requisitos adicionais, de modo a proteger o embrião;
  - a) a gravidez deve ser notificada ao titular do serviço tão logo seja constatada; as condições de trabalho devem ser revistas para garantir que a dose no abdômen não exceda 2 mSv durante todo o período restante da gravidez, tornando pouco provável que a dose adicional no embrião ou feto exceda cerca de 1 mSv neste período.

As exposições normais de indivíduos do público decorrentes de todas as práticas devem ser restringidas de modo que a dose efetiva anual não exceda 1 mSv.

### **3.3 Efeitos à saúde**

O ICRP (1991) parte da premissa que qualquer dose por menor que seja pode causar efeito deletério à saúde do homem, e se precauções não forem tomadas com as questões de segurança, níveis significantes de exposição à radiação podem ocasionar sérios perigos à saúde.



A equipe médica dos serviços de hemodinâmica, por permanecer muito próxima ao paciente bem como ao tubo de raios-X, está exposta principalmente à radiação espalhada e à radiação de fuga. Em função desse posicionamento durante os procedimentos hemodinâmicos, os profissionais podem receber doses no cristalino, nas mãos e no tórax muito próximas ou exceder aos limites anuais recomendados.

Como a radiação ionizante não pode ser vista ou sentida, muitas vezes, até mesmo por falta de conhecimento sobre seu risco à saúde, acaba não sendo motivo de grande preocupação por parte dos profissionais que lidam diariamente com esse tipo de risco no exercício de suas funções no seu local de trabalho.

Limacher et al. (1998) mencionam que o risco para a equipe médica devido a exposição aguda à radiação nos laboratórios de cardiologia não é de magnitude suficiente para ser de maior preocupação, mas o risco cumulativo associado com a vida toda de exposição pode tornar-se significativo, especialmente se não forem tomadas precauções apropriadas. Segundo Jeffrey et al. (1995), os efeitos potenciais adversos da exposição à radiação não são muito considerados pelos médicos, porque não são imediatos e manifestações cutâneas podem levar semanas para aparecer.

Os efeitos biológicos das radiações ionizantes são classificados em efeitos estocásticos e efeitos determinísticos, e dependem da quantidade de energia e do local onde são absorvidas na célula. Quando a radiação ionizante interage com a matéria, ocorre uma transferência de energia que pode excitar ou ionizar seus átomos, causando assim algum dano nas moléculas. O dano mais importante que pode ocorrer dentro de uma célula é o que ocorre no DNA. A célula possui mecanismos próprios de reparação, não deixando seqüelas, mas quando isso não ocorre, isto é, quando o dano não é reparado de forma adequada, pode ocorrer morte da célula, incapacidade de reprodução ou produção de célula modificada (ICRP, 1991).

Ocorrendo a morte de um grupo de células de um determinado tecido do corpo humano devido exposição à radiação, não é observada nenhuma consequência clínica. Mas acima de um limiar de dose, a intensidade do efeito

aumentará e o tecido deixará de exercer suas funções. A este efeito da radiação é dado o nome de efeito determinístico (ICRP, 1991). Dentre esses efeitos, destacam-se: eritema; descamação da pele; catarata do cristalino; contagem baixa de glóbulos brancos; atrofiamento de órgãos; fibroses; e esterilidade (Limacher et al., 1998).

No caso de uma única célula modificada se reproduzir gerando outras células modificadas pode resultar um câncer. Se as gônadas apresentarem uma célula modificada como consequência da radiação, pode acarretar em problemas hereditários a seus descendentes. Este tipo de efeito é chamado de estocástico, cuja probabilidade de ocorrência não depende de um limiar de dose. O efeito aumenta com o aumento da dose, mas a intensidade do efeito não é função da dose absorvida (ICRP, 1991).

Limacher et al. (1998) ressaltam o fato de que a exposição à radiação pode causar sérios perigos à saúde da equipe médica tais como câncer, catarata, riscos genéticos e riscos ao feto durante a gravidez, mas que o mais importante risco somático proveniente das baixas doses é a indução de câncer.

Segundo Faulkner et al. (2000), alguns autores relatam que a dose da equipe médica em radiologia intervencionista alcançou níveis de efeitos determinísticos, tais como a catarata. Drexler et al. (1990) citam que efeitos somáticos numerosos e efeitos tardios foram detectados em estudos de mortalidade de radiologistas ingleses e americanos. Yu et al. (2000) em um estudo que realizaram com radiologistas, mencionam sintomas de dores de cabeça, tontura, falta de energia e palpitação.

### **3.4 Monitoramento individual rotineiro para exposição externa**

Em vários procedimentos da medicina, o controle da exposição ocupacional é de particular importância, como no caso da radiologia intervencionista realizada por meio de procedimentos hemodinâmicos. O monitoramento individual é um mecanismo de controle, que possibilita verificar as doses recebidas pelos profissionais da equipe médica dos serviços de hemodinâmica.

De acordo com Faulkner et al. (2000), a estratégia do monitoramento em radiologia intervencionista serve para dois propósitos:

- a) descobrir quais áreas do corpo recebem doses, que são comparáveis aos limites para efeitos determinísticos, a fim de mantê-las sob controle;
- b) descobrir a quantidade de dose relacionada para efeitos estocásticos, a fim de mantê-la tão baixo quanto razoavelmente exequível.

A função primária de um monitoramento individual é fornecer informações para o controle das exposições. Permite verificar se as doses recebidas pelos trabalhadores estão sendo mantidas abaixo dos limites recomendados, obter informações sobre as condições de ambiente de trabalho, e indicar a ocorrência de doses altas no caso de exposição acidental (ICRP, 1996).

O monitoramento individual pode ser feito por meio da avaliação direta da dose individual recebida pelo trabalhador e por um monitoramento de área. Este último por sua vez é usado para avaliar os níveis de radiação no local de trabalho, e também para ser relacionado com a dose individual.

De acordo com o ICRP (1997), um dos principais objetivos do programa de monitoramento individual para exposição externa é obter uma estimativa das doses efetivas e das doses equivalentes em tecidos expostos, e prover informações valiosas para atuação da proteção radiológica no caso de exposições acidentais.

O monitoramento individual envolve o uso pelo trabalhador de um ou mais dosímetros. A principal característica de um programa de monitoramento individual é a escolha dos trabalhadores que devem ser monitorados (Limacher et al., 1998). O ICRP (1991) destaca três fatores que influenciam na decisão da escolha dos trabalhadores que devem ser monitorados, sendo eles: a) o nível de dose esperado em relação aos limites recomendados; b) as variações prováveis das doses; e c) a complexidade dos procedimentos de medições das radiações ionizantes presentes nos ambientes de trabalho.

A Diretriz aprovada pela Portaria 453 da Secretaria de Vigilância Sanitária (Brasil, 1998) determina que os responsáveis pelo estabelecimento devem estabelecer um programa rotineiro de monitoramento individual, a fim de obter uma estimativa da dose efetiva e/ou da dose equivalente no cristalino e extremidade, além de contribuir para o controle e melhoria da operação da instalação; de fornecer informações para investigação, suporte para acompanhamento médico, e tratamento no caso de exposição acidental envolvendo doses altas. Ademais, estabelece que todo indivíduo que trabalha com raios-X diagnóstico deve usar dosímetro individual de leitura indireta durante sua jornada de trabalho e enquanto permanecer em área controlada. Os dosímetros devem ser trocados mensalmente, sendo de uso exclusivo do usuário no serviço para o qual foi designado, e devem ser obtidos apenas em laboratórios de monitoração individual credenciados pela CNEN.

Os registros de dose individual, relativos à exposição individual com radiação ionizante na área de radiologia radiodiagnóstico médico, devem ser armazenados por um período de 30 anos (Brasil, 1998).

Os resultados não comuns devem ser investigados e a causa documentada. A diretriz da Portaria 453 determina ainda que os responsáveis pelo hospital (titulares) devem providenciar a investigação dos casos de doses efetivas mensais superiores a 1,5 mSv, e comunicar à autoridade sanitária local os resultados mensais acima de 3/10 do limite anual.

No caso de doses efetivas mensais superiores a 100 mSv, a Diretriz da Portaria 453 determina que deve ser realizada uma investigação especial e o usuário do dosímetro deve ser submetido a uma avaliação de dosimetria citogenética.

Geralmente os profissionais da área da saúde que trabalham com radiação ionizante exercem suas atividades em mais de um serviço. Neste caso, essa Diretriz recomenda que cada instituição adote determinadas medidas como guias operacionais individuais, considerando a fração das jornadas de trabalho em cada estabelecimento ou promova uma cooperação entre as instituições de modo a fornecer e a obter os resultados de monitoração em cada serviço, de

modo a garantir que a soma das exposições ocupacionais de cada indivíduo não ultrapasse os limites estabelecidos por essa Diretriz.

### **3.5 Disposição e quantidade de dosímetros**

O monitoramento individual da equipe médica na radiologia intervencionista, realizado por meio de dosímetros ou filmes dosimétricos, continua sendo uma questão muito discutida pela comunidade científica internacional. A disposição correta do dosímetro, sob ou sobre o avental de chumbo, a quantidade de dosímetros e a relação entre a leitura corrigida do dosímetro e a dose efetiva ou dose equivalente efetiva são objetos de muita pesquisa, mas até o momento não se chegou a um consenso. Alguns países, por meio de seus órgãos regulamentadores, recomendam que o dosímetro seja posicionado sobre o avental de chumbo, enquanto que outros adotam o uso do dosímetro sob o avental de proteção.

Faulkner e Marshall (1993) realizaram um estudo cujo enfoque principal foi investigar uma relação entre a dose efetiva e o valor da leitura do dosímetro usado pelos médicos da área de radiologia intervencionista. Concluíram que o uso de um único dosímetro localizado sob o avental de chumbo fornece um valor estimado de dose perto da dose efetiva, e um único dosímetro usado sobre o avental plumbífero superestima significativamente a dose efetiva. A leitura incorreta do valor de dose fornecido pelo dosímetro usado sobre o avental plumbífero pode resultar em falsas superexposições. Na prática se um dosímetro é usado sobre o avental de chumbo, provavelmente sua dose excederá o limite de dose recomendado (Brateman, 1989 apud Faulkner e Marshall, 1993). A aplicação do valor exato do fator de correção da leitura do dosímetro pode evitar ocasiões em que o dosímetro registrará doses acima do limite recomendado pelas autoridades competentes. O fator de correção depende da espessura do avental de chumbo e das condições de irradiação relacionadas às técnicas empregadas nos procedimentos de radiologia intervencionista (Faulkner e Marshall, 1993).

A leitura incorreta do valor de dose fornecido pelo dosímetro pode ocasionar preocupação ao indivíduo monitorado e problema ao serviço de

proteção radiológica como diminuição da credibilidade do pessoal monitorado e dos procedimentos gerais de proteção radiológica dentro do ambiente de trabalho.

O resultado de dose fornecido pelo dosímetro localizado sob o avental de chumbo será mais próximo da dose dos órgãos internos, mas subestimar a dose da cabeça e pescoço. Caso contrário, se o dosímetro estiver posicionado sobre o avental plumbífero, o resultado se aproximará da dose da cabeça e pescoço, superestimando a dose dos órgãos internos.

O dosímetro de corpo inteiro usado sob o avental de chumbo subestima as doses dos olhos por causa da atenuação do avental. Além disso, por causa dos altos gradientes de campo de radiação, a avaliação precisa das doses no cristalino dos olhos de trabalhadores da radiologia intervencionista é somente possível com um monitoramento específico dos olhos, por exemplo, usando dosímetro termoluminescente afixado na região da testa do médico (Vaño et al., 1998b)

Segundo o NCRP (1995), o dosímetro posicionado sobre o avental plumbífero indica os equivalentes de doses das regiões do corpo sem proteção da equipe médica.

No Brasil, a disposição do dosímetro e o fator de correção estão estabelecidos nas “Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico” da Portaria nº 453/98 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Segundo essa Diretriz, o dosímetro destinado a estimar a dose efetiva deve ser utilizado na região mais exposta do tronco. No caso da utilização de avental de chumbo, o dosímetro individual deve ser colocado sobre o avental, aplicando-se um fator de correção de 1/10 para estimar a dose efetiva (Brasil, 1998). O ICRP (1991) também recomenda que o dosímetro seja posicionado sobre o avental de chumbo e seja utilizado um fator de correção de 1/10 para a dose efetiva.

Na prática observa-se que o posicionamento, a quantidade e o tipo de dosímetro variam muito de uma instituição para outra e até mesmo dentro de uma mesma instituição. Geralmente, o posicionamento do dosímetro é determinado pelo serviço de proteção radiológica do local.

No caso da equipe médica que trabalha nos laboratórios de cateterismo cardíaco, os profissionais são obrigados a permanecerem próximos ao paciente e ao tubo de raios-X, devido às características próprias do procedimento, permitindo assim uma maior exposição à radiação nas mãos e na cabeça. Esta situação recomenda o uso de dosímetro de extremidade posicionado no dedo ou no pulso, além de um dosímetro posicionado na testa, para estimar as doses das mãos e do cristalino dos olhos, respectivamente. Os dosímetros devem ser posicionados na região mais próxima possível do ponto de máxima exposição de maneira que não se torne um incômodo para o trabalhador durante a realização do exame.

Muitos estudos apontaram a determinação dos níveis de doses ocupacionais em procedimentos de proteção radiológica fazendo o uso de dosímetros termoluminescentes em diferentes localizações do corpo. Contudo, o campo de radiação irregular encontrado a uma distância curta do paciente faz a investigação usar um número maior de dosímetros. Medições em múltiplos locais são caras e desconfortáveis para o profissional avaliado, mas permite uma estimativa razoável da distribuição espacial da dose. Um dosímetro simples pode subestimar a dose efetiva, visto que o uso inadequado de ferramentas de proteção ou má prática (colocando a mão direta no feixe) pode conduzir a altas doses em posições inesperadas e correlação fraca entre dados dosimétricos. Há autores que sugerem o uso de três dosímetros: um sob o avental de chumbo para estimativa de dose de corpo inteiro; um sobre o avental de chumbo ao nível do ombro ou no protetor de tireóide; e o terceiro localizado na mão (Faulkner et al., 1988 e Niklason et al., 1993 apud Vaño et al. 1998b).

De acordo com Limacher et al. (1998), alguns estudos apontam a tendência do uso de dois dosímetros, um sob o avental de chumbo no nível da cintura e um sobre o avental de chumbo no nível do pescoço, para os médicos da área da radiologia intervencionista que utilizam a fluoroscopia.

Vanõ et al. (1998b) sugerem o uso de três dosímetros, sendo um localizado sob o avental de chumbo para estimar a dose de corpo inteiro, o segundo sobre o avental na região do ombro ou no protetor de tireóide, e um terceiro fixado na mão.

### 3.6 Sistema de proteção radiológica

Segundo o ICRP (1991), a principal finalidade da proteção radiológica é fornecer um padrão adequado de proteção ao homem, sem limitar, indevidamente, as atividades benéficas que originam a exposição à radiação, de forma a manter as doses inferiores aos limites pertinentes para evitar os efeitos determinísticos. Além de garantir que todas as medidas racionais sejam tomadas, com a finalidade de reduzir a indução dos efeitos estocásticos. O sistema de proteção radiológica está baseado nos seguintes princípios gerais:

- ✓ **Princípio da justificação:** Nenhuma prática envolvendo exposição à radiação deve ser adotada, a menos que produza benefício suficiente aos indivíduos expostos ou a sociedade, de forma a compensar os detrimentos causados pela radiação.
  
- ✓ **Princípio da otimização:** Com relação a qualquer fonte específica dentro de uma atividade, a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições, onde não há certeza de que elas ocorram, devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequível (Princípio ALARA), considerando os fatores econômicos e sociais.
  
- ✓ **Princípio da limitação de dose individual e de risco:** A exposição de indivíduos resultante da combinação de todas as atividades importantes deve estar submetida a limites ou a algum controle de risco no caso de exposições potenciais.



### **3.6.1 Princípio ALARA nos laboratórios de cateterismo cardíaco**

Segundo Limacher et al. (1998), a necessidade e o benefício potencial obtido em um procedimento de cateterismo cardíaco deve sempre levar em conta os riscos envolvidos no desenvolvimento do exame.

Os riscos devem ser minimizados pela utilização de técnicas e procedimentos que mantenham o nível de dose tão baixo quanto razoavelmente exeqüível, considerando fatores econômicos e sociais (NCRP,1990 apud Limacher et al.,1998).

A implementação bem sucedida do ALARA requer aplicação de três princípios fundamentais: distância, tempo e blindagem nos diversos locais e procedimentos que envolvam exposição às radiações. Ademais, a prática do ALARA envolve princípios de compreensão dos fatores responsáveis pelos níveis de exposição à radiação e de responsabilidade por parte da equipe médica que deve continuamente balancear as técnicas específicas utilizadas no procedimento de hemodinâmica para a obtenção de uma boa qualidade da imagem radiológica (Limacher et al., 1998).

Embora a tendência das inovações tecnológicas esteja em reduzir as doses de radiação do paciente e do médico, é importante enfatizar que uma simples modificação da prática pela equipe médica também pode reduzir a exposição à radiação.

A intensidade e a energia dos raios-X são dois fatores importantes a serem considerados na prática e na exposição à radiação. A intensidade dos raios-X refere-se ao número de fótons no feixe de raios-X, e é controlada pela corrente do tubo de raios-X (miliamperagem, mA), pela voltagem do tubo de raios - X (kilovoltagem, kV) e pelo tempo (em segundos). Qualquer alteração desses parâmetros pode aumentar ou reduzir a exposição aos raios-X e interferir na qualidade da imagem radiológica (Limacher et al., 1998).

A capacidade de penetração do feixe é determinada pela sua energia, a qual é controlada pela voltagem aplicada ao tubo de raios-X. Quanto maior a

voltagem maior será a energia dos elétrons, e conseqüentemente maior será a penetração dos raios-X no paciente (Limacher et al., 1998).

Quando os raios-X atingem o paciente, alguns são absorvidos totalmente por certos tecidos, alguns são parcialmente absorvidos e a direção é mudada, e outros penetram no paciente e chegam ao intensificador de imagem. Os raios-X que mudam de direção e saem por todos os lados do paciente, incluindo os raios-X que partem de trás do tubo são chamados de raios-X espalhados ou radiação secundária. Então, quanto maior o tamanho do feixe penetrando no paciente, maior a quantidade de raios-X espalhados. Contudo, dependendo do ângulo do tubo de raios-X durante o procedimento de hemodinâmica, maior será a exposição da equipe médica à radiação secundária. O uso de colimadores totalmente abertos e a manutenção de grande distância entre o tubo de raios-X e o intensificador de imagem afetam o nível de espalhamento da radiação. Como a densidade do filme radiológico e o tamanho do paciente não são controláveis, o uso correto dos colimadores e a manutenção de menor distância entre o tubo de raios-X e o intensificador de imagem são dois métodos operacionais que reduzem o nível de radiação secundária (Limacher et al., 1998).

O feixe primário que sai do tubo de raios-X penetra no paciente e entra no intensificador de imagem é chamado de radiação primária. A este tipo de radiação o médico e/ou a equipe médica devem ficar atentos e permanecerem o mais distante possível da fonte a fim de reduzirem as suas doses produzidas pelo feixe primário. Com a aplicação da lei do inverso do quadrado da distância ( $x = 1/d^2$ ) pode-se calcular mudanças de exposição com relação ao feixe primário em diferentes distâncias do alvo do tubo de raios-X. Se a distância do médico em relação a fonte for dobrada, então a exposição é reduzida a  $\frac{1}{4}$ . Reciprocamente se a distância for diminuída pelo fator 3, então a exposição será aumentada pelo fator 9 (Limacher et al, 1998).

A experiência do médico é um outro fator fundamental na redução do tempo do procedimento, e conseqüentemente na redução das doses tanto do paciente como dos profissionais da equipe médica. Alguns estudos mencionam

que exame realizado com menor tempo de fluoroscopia reduz a dose do médico durante os procedimentos de cateterismo cardíaco.

Renauld (1992) verificou que os médicos em treinamento estão significativamente mais expostos à radiação do que qualquer outro profissional que compõem a equipe médica, pois demoram mais tempo para realizar o procedimento hemodinâmico.

Watson et al. (1997), em um estudo sobre a exposição à radiação dos médicos em fase de treinamento, observaram que no primeiro ano de trabalho a exposição desses profissionais quando comparada com a dos demais integrantes da equipe médica foi mais alta devido ao tempo longo usado de fluoroscopia. Já, no segundo ano de trabalho, o cardiologista em treinamento avançou na sua habilidade psicomotora para posicionar o cateter e, conseqüentemente, com mais experiência, utilizou menos tempo de fluoroscopia, a série da cine foi menos repetida e a exposição à radiação foi menor. Além disso, os autores mencionam que o médico em treinamento deve ter consciência de que a proteção radiológica é tão importante quanto os procedimentos de hemodinâmica. Sendo sempre oportuno que o médico cardiologista retome o comando do procedimento não somente quando a técnica não estiver completamente dominada pelo médico em treinamento, mas também quando os procedimentos de segurança radiológica estiverem sendo negligenciados.

A fluoroscopia pulsada em substituição da fluoroscopia contínua ajuda substancialmente na redução da dose dos pacientes e da equipe médica (Aldridge et al., 1997 e Johnson et al., 2001). O uso de fluoroscopia pulsada para procedimentos de cateterismo cardíaco pode reduzir a dose em até 50% sem reduzir a qualidade da imagem (Holmes et al., 1986 e Wondrow et al., 1988 apud Watson et al., 1997). A tecnologia e as repetições rápidas dos novos sistemas digitais dos equipamentos de hemodinâmica também reduzem significativamente as doses da equipe médica. (Holmes et al., 1990 apud Watson et al., 1997).

Os equipamentos de proteção coletiva presentes no laboratório de cateterismo cardíaco, assim como os dispositivos de proteção acoplados aos

equipamentos de raios-X, também são opções efetivas utilizadas na redução das doses de radiação da equipe médica.

Alguns estudos relatam uma redução eficiente das doses dos médicos em 50% quando o anteparo de chumbo lateral está bem localizado entre o médico e o paciente durante os procedimentos de cateterismo cardíaco (Holmes et al., 1986 e Wondrow et al., 1988 apud Watson et al., 1997). Segundo Limacher et al. (1998), a barreira de vidro plumbífero quando posicionada corretamente durante o procedimento pode reduzir a exposição do médico no tórax e na cabeça em aproximadamente 90%.

Os benefícios do uso de barreira contra os raios-X são relatados em um estudo desenvolvido em 400 procedimentos hemodinâmicos utilizando barreira de proteção lateral posicionada entre o médico e o paciente, e 300 procedimentos hemodinâmicos sem essa barreira. Os resultados obtidos nesse estudo apresentaram valores de exposição média dos olhos de  $4,9 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}$  (1,9 mR) com proteção e de  $15,4 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}$  (6 mR) sem proteção, e valores médios de exposição da tireóide de  $3,6 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}$  (1,4 mR) com proteção e de  $21,2 \times 10^{-7} \text{ C.kg}^{-1}$  (8,3 mR) sem proteção (Balter et al., 1978 apud Watson et al., 1997).

Os equipamentos mais modernos de fluoroscopia têm instalado filtros de cobre adicionais, que podem reduzir a dose de entrada no paciente em até 58% sem prejudicar o resultado do procedimento (Nickolson et al., 2000 apud Johnson et al., 2001).

Os equipamentos de proteção individual como aventais de chumbo, protetor de tireóide e óculos plumbífero são essenciais na prática do cateterismo, uma vez que a equipe médica, principalmente o médico, permanece muito próximo do paciente durante o exame. Um avental plumbífero com 0,5 mm de espessura de chumbo equivale aproximadamente a duas camadas semi-redutoras para uma radiação espalhada associada com um feixe de 100 kV (Limacher et al., 1998).

A limitação no número de procedimentos é um outro fator que deve ser considerado na prática do ALARA, pois pode evitar que as doses excedam os

limites ocupacionais recomendados, principalmente os limites para doses nos olhos (Karppinen et al., 1995).

Todas as pessoas que entram em uma área de exposição à radiação devem ser instruídas sobre os riscos associados à radiação ionizante e sobre os recursos necessários para minimizar as exposições. Qualquer indivíduo que entre regularmente num laboratório de cardiologia deve receber treinamento anual sobre proteção radiológica (Limacher et al., 1998). O médico deve ter conhecimento adequado sobre proteção radiológica, e deve sempre ter consciência do fato de que o paciente e a equipe médica estão expostos à radiação durante os procedimentos de radiologia intervencionista (Nakamura et al., 2000).

É fortemente recomendado que sessões didáticas formais sejam incorporadas no treinamento dos médicos e demais membros da equipe. O conteúdo deve incluir princípios básicos da física das radiações, biologia das radiações, práticas de segurança, procedimentos de monitoramento e riscos potenciais a saúde. Esses treinamentos devem ser realizados anualmente e antes do início de qualquer participação de um profissional em laboratório de cardiologia.

Os treinamentos devem ser rotineiros e compreender preocupações que possam existir sobre exposição prévia da mulher em fase de reprodução ou com a gravidez confirmada. As mulheres que estão conscientes sobre os efeitos das radiações, o seu monitoramento e as precauções sentem-se mais seguras quando decidirem conciliar o planejamento familiar e a obrigação do trabalho (Limacher et al., 1998).

Faulkner (1997) e Padovani et al. (2001) recomendam o desenvolvimento de guias de dose vinculada para reduzir a dose individual dos radiologistas intervencionistas, considerando que, com a redução do limite para 20 mSv (ICRP, 1991), esses profissionais passarão a receber doses bem próximas do limite.

O programa de garantia da qualidade dos equipamentos de hemodinâmica ajuda a manter o princípio ALARA nos serviço de hemodinâmica, e

é de fundamental importância para o monitoramento da performance do equipamento de hemodinâmica. O programa deve assegurar qualidade adequada de imagem durante a fluoroscopia e a cine, além de manter baixo o nível de dose do paciente e conseqüentemente diminuir o risco de exposição do médico (Jonhson et al., 2001).

### **3.6.2 Recomendações sobre medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes para os serviços de hemodinâmica.**

Com base nas recomendações estabelecidas pela Portaria 453 (Brasil,1998) e nos trabalhos de Aldridge et al. (1997), Limacher et al.(1998) e Jonhson et al. (2001), estão relacionadas a seguir algumas medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes de caráter geral para os laboratórios de cateterismo cardíaco dos serviços de hemodinâmica.

- **Quanto à direção do estabelecimento:**

- deve ter comprometimento com o gerenciamento da segurança no ambiente de trabalho;
- deve ter comprometimento com a aplicação do ALARA;
- deve tomar todas as medidas necessárias para evitar falhas e erros, incluindo a implementação de procedimentos adequados de calibração, controle de qualidade e operação dos equipamentos de raios-X.

- **Quanto à proteção radiológica:**

- deve programar e implementar inspeções periódicas nos equipamentos de raios-X;
- deve programar e implementar inspeções às barreiras de chumbo, aos aventais de chumbo e aos protetores de tiróide, anualmente ou em intervalos de tempo menores, para detectar fendas e rachaduras;

- deve programar, implementar e realizar os levantamentos radiométricos das barreiras de proteções existentes nas salas;
  - deve programar, implementar e realizar a medição da radiação de fuga do tubo de raios-X;
  - deve assentar as doses individuais e revisá-las regularmente;
  - deve revisar e ajustar as técnicas e práticas, se as doses excederem os níveis recomendados;
  - deve registrar o tempo da fluoroscopia e da cine por procedimento hemodinâmico para permitir correlação com a leitura dos dosímetros;
  - deve propiciar qualificação necessária sobre proteção radiológica em laboratórios de cateterismo ao pessoal novo e aprendizes;
  - deve planejar e implementar um programa de qualificação contínua dos membros da equipe médica, incluindo principalmente informações sobre a física das radiações e aspectos de segurança no uso do equipamento.
- **Quanto ao laboratório de hemodinâmica:**
- o comando do equipamento de hemodinâmica deve ficar fora da sala de procedimento;
  - deve ter sinalização luminosa vermelha quando o equipamento de raios-X estiver funcionando;
  - deve ter sistema de proteção que interrompe a produção de raios-X quando a porta é aberta durante o procedimento;
  - deve ter paredes, portas e vidros com blindagem suficiente para garantir níveis de dose ALARA;
  - deve haver restrição de acesso de pessoas.

- **Quanto ao equipamento de hemodinâmica:**

- deve incorporar fluoroscopia progressiva pulsada;
- deve dispor de filtros adicionais de cobre;
- deve ter sistema digital para cine;
- deve ter sistema que permita o congelamento da última imagem;
- deve ter intensificador de imagem com alta eficiência;
- deve ter sistema de colimação do feixe primário;
- deve ter diafragma ajustável;
- deve ter medidor de dose do paciente;
- deve ter medidor de taxa de exposição sobre a mesa para monitorar mudanças nos picos de quilovoltagem (kV) e miliamperagem (mA);
- deve ter medidas de proteção coletiva acima e abaixo da mesa do paciente tal como, cortina de chumbo na lateral da mesa do paciente ou anteparo móvel de acrílico plumbífero e chumbo;
- deve ter um gravador vídeo tape para evitar irradiação adicional a todos os envolvidos;
- deve ter junção sólida, afim de evitar radiação de fuga.

- **Quanto ao médico cardiologista principal, médico assistente e médico em treinamento:**

- devem minimizar a exposição do paciente;
- devem limitar o número e o comprimento da série da cine;
- devem reduzir o tempo de fluoroscopia;
- devem usar a colimação própria do feixe primário;



- devem utilizar proteção coletiva apropriada do equipamento, conforme descrito no item anterior;
  - devem manter o corpo distante do feixe primário, sempre que possível;
  - devem manter as mãos distante do feixe primário, sempre que possível;
  - devem manter o intensificador de imagem tão perto do paciente quanto possível;
  - devem manter o tubo de raios-X a uma distância do paciente tanto quanto praticável (distância recomendada maior do que 50 cm);
  - devem ter consciência sobre o risco da exposição aos raios-X do paciente,
  - devem ter consciência sobre a importância do uso correto do dosímetro;
  - devem ter consciência sobre a importância do uso dos equipamentos de proteção coletiva e individual;
  - devem ter o conhecimento básico da física das radiações e dos procedimentos de segurança no uso do equipamento;
  - devem participar dos treinamentos periódicos sobre proteção radiológica e temas afins.
- **Quanto aos equipamentos de proteção individual da equipe médica:**
- os aventais devem ter espessura de no mínimo 0,25 mm de chumbo, de maneira que proteja a parte da frente e das costas do usuário;
  - os aventais de chumbo devem ter ajuste apropriado ao corpo do usuário de maneira a minimizar aberturas dos braços, cobrindo o dorso inteiro até abaixo do joelho;
  - os protetores de tiróide devem ser usados principalmente pelos médicos;

➤ os óculos de vidro plumbífero com proteção lateral devem ser usados pelos médicos, de maneira que protejam o cristalino dos olhos contra a radiação espalhada.

- **Quanto ao monitoramento individual dos médicos:**

➤ devem ser usados dois dosímetros, um sob o avental de chumbo na região da cintura e um sobre o avental na altura do colarinho;

➤ deve ser usado um dosímetro de extremidade (pulso ou dedo) na região do braço que irá permanecer mais perto do tubo de raios-X.

- **Quanto ao monitoramento individual dos auxiliares de enfermagem, enfermeiros, operadores de raios-X e técnicos especializados:**

➤ deve ser usado um dosímetro sob o avental plumbífero na região da cintura e um dosímetro nas costas (no caso dos auxiliares de enfermagem).

- **Quanto ao treinamento da equipe médica:**

O treinamento deve abranger os seguintes tópicos:

- ✓ produção de raios-X;
- ✓ gerador do equipamento de hemodinâmica;
- ✓ equipamentos (fluoroscopia, fluorografia e imagem digital);
- ✓ técnicas de fluoroscopia mais eficientes;
- ✓ processamento do filme radiológico;
- ✓ controle de qualidade;
- ✓ qualidade de imagem radiológica;
- ✓ conceitos de dosimetria;
- ✓ efeitos biológicos;

- ✓ riscos de exposição às radiações ionizantes;
- ✓ medidas de controle e proteção à radiação;
- ✓ legislação.

- **Quanto às profissionais grávidas**

- devem reduzir a exposição durante o período da 8 a 15ª semana de gravidez para reduzir o risco de retardamento mental ao feto;
- devem usar avental de chumbo próprio para a maternidade;
- devem solicitar inspeção mensal dos aventais de chumbo com auxílio da fluoroscopia;
- devem usar dois dosímetros, um posicionado na região do pescoço fora do avental de chumbo, e o outro posicionado na cintura sob o avental de chumbo;
- devem ter prerrogativa para escolher entre continuar com suas atividades nos serviços de hemodinâmica de acordo com as recomendações de proteção, ou restringir tais atividades durante parte ou toda gravidez;
- quando a gravidez for confirmada, a mulher grávida junto com a equipe de proteção radiológica deverá fazer uma revisão prévia dos registros de exposição, avaliar o histórico das doses mensais e planejar as atividades e o monitoramento durante a gravidez;
- o responsável pelo serviço de hemodinâmica deverá reconhecer que a gravidez por si só não limita as atividades no laboratório de cateterismo cardíaco, mas deverá apoiar a profissional grávida na redução de suas atividades, visando limitar a exposição à radiação.
- devem conhecer todas as medidas preventivas descritas neste subitem 3.6.2.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo sobre a exposição ocupacional às radiações ionizantes da equipe médica dos serviços de hemodinâmica foi desenvolvido em quatro etapas discriminadas a seguir:

### **1ª etapa - Análise das doses anuais dos profissionais das equipes médicas dos laboratórios de cateterismo cardíaco dos serviços de hemodinâmica.**

Esta etapa foi realizada em duas fases, sendo que a primeira fase compreendeu um levantamento dos registros de doses dos profissionais dos serviços de hemodinâmica no banco de dados do Laboratório de Dosimetria Termoluminescente do Centro de Metrologia das Radiações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. Ao analisar os arquivos de relatórios de doses desse banco de dados, constatou-se que havia registros de doses de vários hospitais, mas somente um deles possuía serviço de hemodinâmica. Este hospital, designado neste estudo como hospital A, é uma instituição pública de grande porte localizada no município de São Paulo.

Consta no relatório de doses do hospital A do banco de dados do IPEN, o registro de doses de 103 profissionais que desempenham suas funções no serviço de hemodinâmica. O período de 1991 a 2000 foi escolhido para a realização do estudo e análise dessas doses.

Os profissionais que tiveram as doses analisadas foram médicos, médicos residentes, estagiários de nível superior, enfermeiros, auxiliares de enfermagem, operadores de raios-X, técnicos especializados e outro (categoria profissional designada pelo hospital). No relatório de doses do IPEN, constam o nome da instituição, o nome do profissional monitorado, o CPF, a função, a data de nascimento, a data de início das atividades com radiação e o tipo de dosímetro e sua posição no indivíduo monitorado. No período de 1991 a 1997, monitoramento individual externo foi feito com um filme dosimétrico posicionado na região do tórax sob o avental de chumbo, e a partir de 1998 passou a ser realizada com dosímetro TLD ( $\text{CaSO}_4:\text{Dy} + \text{Teflon}^{\text{®}}$ ) posicionado na região do

tórax do profissional sobre o avental de chumbo. As doses anuais estão apresentadas em milisivert (mSv).

A segunda fase foi realizada em um hospital particular de grande porte do município de São Paulo, designado no estudo como hospital B. Primeiramente foi feito um contato com o Serviço de Proteção Radiológica desse hospital para explicar o objetivo e a importância da realização deste estudo. Com a permissão da Direção do mesmo, pôde-se ter acesso, então, ao banco de dados das doses individuais da equipe médica do serviço de hemodinâmica, assim como realizar uma visita aos laboratórios de cateterismo cardíaco, acompanhar a realização de procedimentos de hemodinâmica, conhecer a dinâmica de trabalho das equipes médicas.

O banco de dados do hospital B possui o registro de doses individuais de 176 profissionais ativos e inativos. O período de 1992 a 2002 foi escolhido para análise dessas doses individuais. No relatório de doses do hospital B, constam os seguintes dados: o nome da instituição, o nome do profissional monitorado, a função, a data de início das atividades com radiação e o tipo de dosímetro e sua posição no indivíduo monitorado. Os profissionais do hospital B que tiveram as doses analisadas foram: médicos, auxiliares de enfermagem e enfermeiros. O monitoramento individual externo foi realizado com dosímetro TLD ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Dy} + \text{Teflon}^{\text{®}}$ ) posicionado na região do tórax do profissional sob o avental de chumbo até 1995, e a partir de 1996 o dosímetro passou a ser usado sobre o avental de chumbo na região do tórax. As doses anuais estão apresentadas em mSv.

As doses anuais dos profissionais dos serviços de hemodinâmica dos hospitais A e B estão representadas em gráficos de dispersão, e estão apresentadas por símbolos coloridos, onde cada cor e forma correspondem às doses anuais de um profissional. Os valores de doses anuais menores que 0,2 mSv foram desconsiderados neste estudo. Para melhor compreensão do comportamento das doses em relação aos limites ocupacionais, estão representados nos gráficos de dispersão os limites de doses anuais estabelecidos pela norma da CNEN e da SVS descritos no subitem 3.3. Os gráficos

apresentados são acompanhados de tabelas, onde são mostradas as doses anuais médias, mínimas e máximas nos períodos analisados.

**2ª etapa – Avaliação das doses efetivas e das doses equivalentes nas mãos e no cristalino, por procedimento de hemodinâmica, dos médicos cardiologistas (principal e assistente) e dos auxiliares de enfermagem.**

Nesta etapa, avaliou-se as doses efetivas e as doses equivalentes nas mãos e nos cristalinos de 5 médicos cardiologistas, 4 médicos assistentes e 5 auxiliares de enfermagem durante quatro procedimentos de cateterismo cardíaco e um procedimento de angioplastia. Tais procedimentos foram realizados no mesmo equipamento de hemodinâmica da marca Philips, modelo Integris H 5000, fabricado em 2000, do laboratório de cateterismo cardíaco do serviço de hemodinâmica do hospital B.

A avaliação foi efetuada com 60 dosímetros termoluminescentes de sulfato de cálcio dopado com disprósio, confeccionados pelos técnicos do Laboratório de Materiais Dosimétricos do Centro de Metrologia das Radiações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN.

Os dosímetros de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  são preparados utilizando o método de evaporação num sistema selado. O cristal de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ , depois de triturado, com tamanho de grãos entre 85 a 185  $\mu\text{m}$ , é misturado ao Teflon<sup>®</sup>. As pastilhas são prensadas a frio e sinterizadas a 380° C no ar por uma hora. Antes da irradiação, as pastilhas passam por um tratamento térmico de 300° C por uma hora em um forno tipo mufla da EDG.

As principais características físicas dos dosímetros termoluminescentes de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  + Teflon<sup>®</sup> são:

- limite inferior de detecção: 0,05 mSv;
- reprodutibilidade: 5 a 10%;
- decaimento térmico do sinal em 30 dias: 3%;

- dimensões das pastilhas: 6 mm de diâmetro e 0,6 mm de espessura;
- massa total da pastilha: 50 mg;
- porta detector: Detector de plástico nas dimensões de 3,8 x 6,0 x 0,8 cm, contendo filtros de plástico com 2 mm de espessura, de chumbo com 1 mm de espessura, de chumbo furado com 0,8 mm de espessura e 2 mm de diâmetro do furo.

As pastilhas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy} + \text{Teflon}^{\text{®}}$  e o porta detector são mostrados na Figura 1.

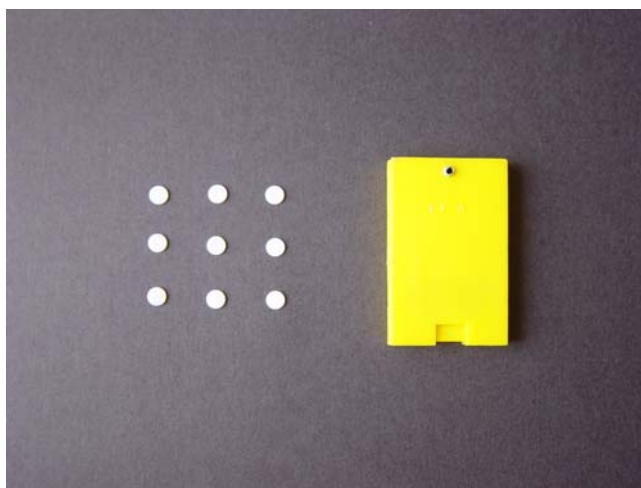


FIGURA 1 - Pastilhas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy} + \text{Teflon}^{\text{®}}$  e o porta detector.

Os dosímetros foram posicionados nos pulsos direito e esquerdo, na testa (fixados com fita adesiva), no tórax e na perna direita sob o avental plumbífero em 5 médicos e 2 médicos auxiliares e, no tronco e nas costas sob o avental plumbífero de 5 auxiliares de enfermagem, durante 5 procedimentos hemodinâmicos.

A leitura dos dosímetros foi efetuada 24 horas após as medidas realizadas nos procedimentos de hemodinâmica, pelos técnicos do Laboratório de Dosimetria Termoluminescente do Centro de Metrologia das Radiações, utilizando o equipamento da marca Harshaw TLD NE Technology, modelo 5500 Automatic

TLD reader, da BICRON do IPEN. A incerteza na leitura dos dosímetros é de 10 %.

### **3ª etapa – Verificação das medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes nos serviços de hemodinâmica dos hospitais A e B.**

A terceira etapa consistiu na elaboração e aplicação nos hospitais A e B de um questionário sobre Medidas de Controle da Exposição Ocupacional às Radiações Ionizantes adotadas no Serviço de Hemodinâmica (Anexos I e II), com a finalidade de verificar as condições de trabalho com radiação ionizante dos profissionais que integram as equipes médicas.

A elaboração do questionário aplicado teve como base o documento consensual da American College of Cardiology (Limacher et al.,1998) e a Diretriz estabelecida pela Portaria 453/98 da SVS (Brasil, 1998). O questionário é composto por 59 perguntas abordando aspectos sobre responsabilidade, práticas e medidas de proteção adotadas pelo supervisor de proteção radiológica, medidas de proteção radiológica existentes nos laboratórios de cateterismo cardíaco e nos equipamentos de hemodinâmica, práticas adotadas pelos médicos na redução das doses, equipamentos de proteção individual, sistema de monitoramento individual e treinamento da equipe médica.

Os questionários foram respondidos pelo supervisor de proteção radiológica e um médico residente do hospital A e pelo supervisor de proteção radiológica do hospital B.

### **4ª etapa – Esboço do perfil das ocupações especializadas que integram as equipes médicas dos serviços de hemodinâmica dos hospitais A e B.**

Nesta etapa, com os dados constantes nos relatórios de dose dos dois hospitais, pôde-se traçar um perfil dos profissionais das equipes médicas dos laboratórios de cateterismo cardíaco, considerando as variáveis tempo de monitoramento individual, idade e sexo.



Para uma melhor análise e comparação das variáveis idade e tempo de monitoramento individual dos trabalhadores dos laboratórios de hemodinâmica dos hospitais A e B, foi escolhida a representação gráfica chamada de desenho esquemático ou “box-plot”.

O desenho esquemático é um gráfico onde são mostrados os valores centrais dos dados e informações sobre a amplitude dos mesmos. Através dele, pode-se descrever as tendências centrais, média e mediana representadas pelo símbolo quadrado e pelo traço horizontal no interior do retângulo respectivamente; a dispersão; a possibilidade de detectar os pontos bastante distantes do conjunto de dados denominados de dispersos (“outliers”); e o desvio da simetria dos valores em relação à mediana.

Esse gráfico é construído a partir da determinação dos valores máximo e mínimo do conjunto de dados, e o restante dos dados são distribuídos da seguinte maneira: o retângulo inclui 50% dos dados centrais, os bigodes (“whiskers”) mostram a amplitude dos dados, isto é, a diferença entre o maior e menor valor. No bigode inferior (primeiro quartil) concentram-se 25% dos dados com valores menores, e no retângulo (segundo quartil) concentram-se 50% dos dados, e no bigode superior (terceiro quartil) encontram-se 25% dos dados com valores maiores (Bussab et al., 2003).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Análise das doses anuais da equipe médica do serviço de hemodinâmica do hospital A**

Os 103 profissionais do serviço de hemodinâmica do hospital A, que tiveram as doses anuais analisadas no período de 1991 a 2000, são constituídos por: 10 médicos; 9 médicos residentes; 22 estagiários de nível superior; 5 enfermeiros; 31 auxiliares de enfermagem; 8 técnicos especializados; 9 operadores de raios-X e 9 classificados como outro.

#### **5.1.1 Doses anuais dos médicos**

Os médicos são os profissionais que permanecem mais próximos da mesa de exame durante o procedimento hemodinâmico e conseqüentemente, estão mais expostos à radiação secundária proveniente do paciente e à radiação de fuga do cabeçote do aparelho de raios-X. Nesse contexto, os médicos podem receber doses anuais próximas ou acima dos limites recomendados de 50 mSv estabelecido pela norma da CNEN NE-3.01/88 e de 20 mSv estabelecido pela Diretriz da Portaria 453/98 da SVS.

No caso dos médicos do serviço de hemodinâmica do hospital A, observa-se um comportamento das doses anuais diferente ao exposto no parágrafo anterior, pois 100 % desses profissionais apresentaram doses anuais inferiores a 10 mSv, conforme mostra a Figura 2.

No período analisado verifica-se que no ano de 2000 alguns médicos receberam mais doses do que os outros profissionais nos anos anteriores, mas não excederam o valor de 6,0 mSv.

Somente as doses anuais maiores ou iguais a 0,2 mSv, que correspondem as doses de 70 % do total dos médicos estão representadas na Figura 2.

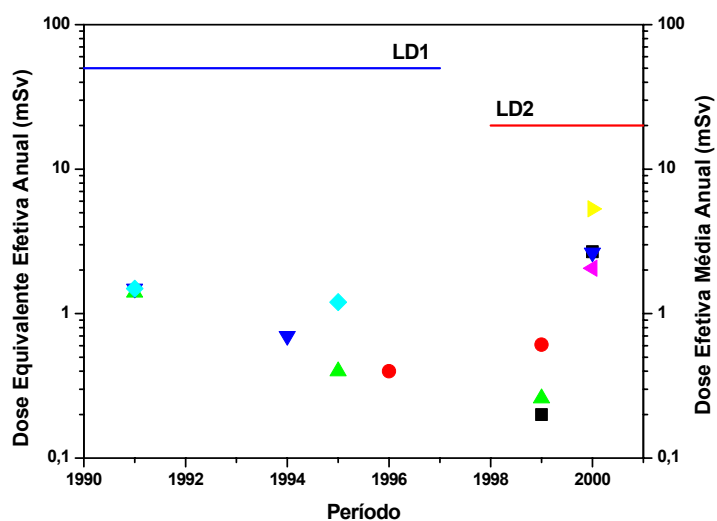


FIGURA 2 – Distribuição das doses anuais dos médicos do serviço de hemodinâmica do hospital A em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN NE-3.01/1988 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/1998 (LD2), no período de 1991 a 2000. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos médicos do hospital A são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos médicos do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1991	3	1,5 ± 0,1	1,4	1,6
1992	0	-	-	-
1993	0	-	-	-
1994	1	0,7 ± 0,1	-	-
1995	2	0,8 ± 0,6	0,4	1,2
1996	1	0,4 ± 0,1	-	-
1997	0	-	-	-
1998	0	-	-	-
1999	3	0,4 ± 0,2	0,2	0,6
2000	4	3,8 ± 1,5	2,3	5,3

Pode-se observar que no primeiro período de 1991 a 1997, quando o limite anual da CNEN era de 50 mSv, os médicos receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,4 \pm 0,1)$  mSv a  $(1,5 \pm 0,1)$  mSv. A dose anual mais alta recebida por um médico nesse período foi de 1,6 mSv, que corresponde a 3,2 % do limite recomendado.

Em relação ao segundo período de 1998 a 2000, esses profissionais receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,4 \pm 0,2)$  mSv a  $(3,8 \pm 1,5)$  mSv, sendo que a dose anual mais alta nesse período foi de 5,3 mSv, equivalente a 26,5 % do limite da SVS.

### **5.1.2 Doses anuais dos médicos residentes**

Os médicos residentes são os profissionais que estão em fase de treinamento, e geralmente despendem mais tempo na realização dos procedimentos hemodinâmicos do que os médicos titulares e podem utilizar por mais tempo a fluoroscopia e a cine, entre outros fatores.

Esses profissionais permanecem próximos da mesa de exame durante o procedimento de hemodinâmica, e também estão mais expostos à radiação ionizante.

As doses dos médicos residentes do hospital A em relação aos limites recomendados pela CNEN e SVS, no período de 1991 a 2000, são mostrados na Figura 3.

Neste período, em questão, 22,2 % dos médicos residentes receberam doses anuais entre 10 mSv e 30 mSv, e os demais residentes apresentaram doses inferiores a 10 mSv. No ano de 1992, dois residentes receberam doses anuais mais altas que os demais, mas não excederam o limite de 50 mSv.

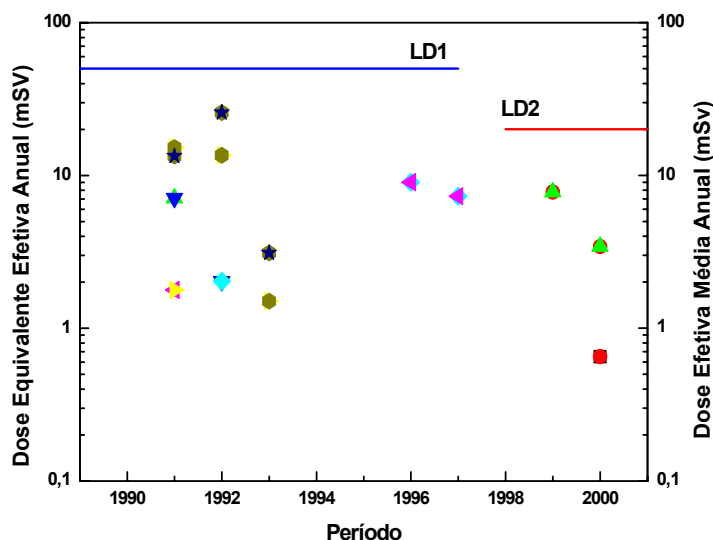


FIGURA 3 - Distribuição das doses anuais dos médicos residentes do serviço de hemodinâmica do hospital A em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN-NE-3.01/1988 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/1998 (LD2), no período de 1991 a 2000. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos médicos residentes do hospital A são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos médicos residentes do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2001.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1991	4	9,4 ± 6,1	1,8	15,2
1992	3	13,9 ± 11,8	2,1	25,7
1993	2	2,3 ± 1,1	1,2	3,4
1994	0	-	-	-
1995	0	-	-	-
1996	1	9,0 ± 0,1	-	-
1997	1	7,3 ± 0,1	-	-
1998	0	-	-	-
1999	1	7,8 ± 0,1	-	-
2000	2	2,1 ± 1,9	0,7	3,4

No período de 1991 a 1997, quando o limite anual era de 50 mSv, observa-se que os médicos residentes receberam doses anuais médias no intervalo de  $(2,3 \pm 1,1)$  mSv a  $(13,9 \pm 11,8)$  mSv. A dose anual mais alta recebida nesse período foi de 25,7 mSv, que corresponde a 51,4 % do limite recomendado pela CNEN.

No período de 1998 a 2000, os médicos residentes receberam doses anuais médias no intervalo de  $(2,1 \pm 1,9)$  mSv a  $(7,8 \pm 0,1)$  mSv, sendo que a dose anual mais alta de 7,8 mSv corresponde a 39 % do limite da SVS.

Comparando as Figuras 2 e 3 e as Tabelas 6 e 7, verifica-se que os médicos residentes apresentaram registros de doses anuais mais altos que os médicos. A dose anual mais alta recebida por um dos médicos residentes, no período de 1991 a 2000, foi 4,8 vezes maior que a dose anual mais alta recebida por um dos médicos. A dose anual mais baixa recebida por um dos médicos foi 3,5 vezes menor do que a dose anual mais baixa recebida por um dos médicos residentes.

### **5.1.3 Doses anuais dos estagiários de nível superior**

Os estagiários de nível superior do serviço de hemodinâmica do hospital A, assim como os médicos residentes, são profissionais que também estão em fase de treinamento e dentre outros fatores também despendem mais tempo na realização dos procedimentos de hemodinâmica, o que ocasiona uma exposição maior à radiação ionizante.

No caso desses profissionais existem registros de doses anuais que excederam o limite recomendado pela CNEN, conforme mostra a Figura 4.

No período de 1991 a 1997, 31,8 % dos estagiários receberam doses entre 10 mSv e 50 mSv e 9 % excederam o limite anual. No período de 1998 a 2000, 9 % dos estagiários receberam doses superiores a 10 mSv, mas não excederam o limite de 20 mSv da SVS.

Pode-se observar também, que um estagiário excedeu o limite de dose de 50 mSv por dois anos consecutivos, em 1994 e 1995.

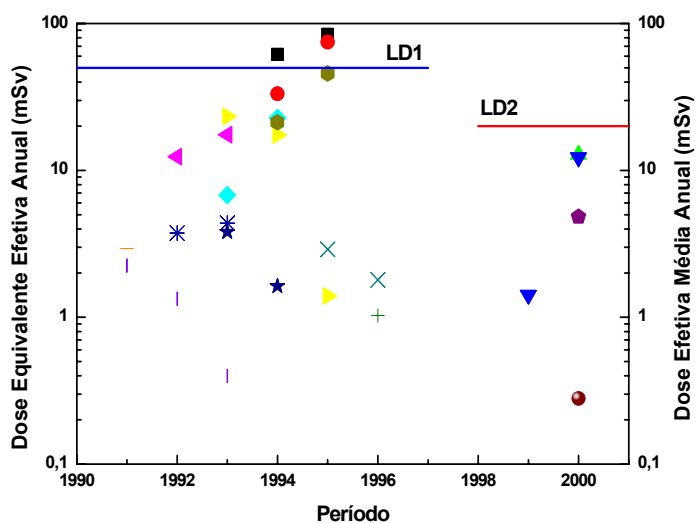


FIGURA 4 - Distribuição das doses anuais dos estagiários de nível superior do serviço de hemodinâmica do hospital A em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN-NE-3.01/1988 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/1998 (LD2), no período de 1991 a 2000. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Se a redução do limite de dose de 50 mSv para 20 mSv tivesse ocorrido em 1991 no Brasil com a publicação do ICRP 60, esse estagiário teria excedido 322 % o limite anual. A dose acumulada, em 1994 e 1995, de 146,1 mSv excedeu, logo nos dois primeiros anos de estágio, o limite recomendado de 100 mSv para 5 anos consecutivos, conforme disposto no ICRP (1991), e a partir de 1998, pela Portaria 453 da SVS. Além disso, a dose desse profissional não poderia ter excedido 50 mSv em nenhum ano em um período de 5 anos consecutivos.

Segundo o supervisor de proteção radiológica do hospital A, os estagiários cujas doses anuais excederam o limite de 50 mSv, não atenderam a sua orientação sobre o uso do dosímetro sob o avental de chumbo e nesse caso, teríamos que aplicar o fator de correção de 1/10 por terem utilizado os dosímetros sobre o avental de chumbo. Com a publicação da Portaria 453 em 1998, o supervisor de proteção radiológica passou a orientar o uso do dosímetro sobre o avental plumbífero para todos os profissionais do serviço de hemodinâmica.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos estagiários de nível superior do hospital A no período de 1991 a 2000, são apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos estagiários de nível superior do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1991	2	2,6 ± 0,5	2,3	2,9
1992	3	5,8 ± 5,8	1,3	12,4
1993	6	9,4 ± 8,9	0,4	23,3
1994	6	26,4 ± 20,1	1,6	61,7
1995	5	41,8 ± 38,9	1,4	84,4
1996	2	1,4 ± 0,5	1,1	1,8
1997	0	--	-	-
1998	0	--	-	-
1999	1	1,4 ± 0,1	-	-
2000	4	7,6 ± 6,1	0,3	12,9

Os estagiários de nível superior, no período de 1991 a 1997, receberam doses anuais médias no intervalo de (1,4 ± 0,5) mSv a (41,8 ± 38,9) mSv, e a dose anual mais alta recebida por um deles excedeu 68,8% o limite da CNEN.

No período de 1998 a 2000, os estagiários receberam doses anuais médias no intervalo de (1,4 ± 0,1) mSv a (7,6 ± 6,1) mSv, e a dose anual mais alta recebida por um desses profissionais equivaleu a 64,5% do limite da SVS.

Analisando as Figuras 2, 3 e 4 e as Tabelas 6, 7 e 8, verifica-se que os estagiários de nível superior apresentaram registros de doses mais altos do que



os médicos residentes e médicos. Nota-se que dentre as doses mais altas recebidas por estes profissionais no período de 1991 a 2000, a dose recebida por um estagiário de nível superior em 1995 foi 16 vezes maior do que a dose recebida por um médico ocorrida em 2000, e 3 vezes maior que dose recebida por um médico residente ocorrida em 1992.

Este resultado está de acordo com o estudo de Watson et al. (1997), onde relatam para os médicos em fase inicial de treinamento registros de doses mais altos do que para os médicos que estão no segundo ano de treinamento em laboratórios de cateterismo cardíaco.

Além disso, verificou-se que o hospital A funciona como um hospital escola, no qual os médicos trabalham mais na função de professor e orientador dos médicos residentes e estagiários de nível superior; e estes por sua vez, atuam como executores dos procedimentos hemodinâmicos, o que dentre outros fatores, contribui para o registro de doses anuais mais altas do que o dos médicos.

#### **5.1.4 Doses anuais dos auxiliares de enfermagem**

Os auxiliares de enfermagem, dentre as ocupações especializadas de apoio que integram a equipe médica do serviço de hemodinâmica do hospital A, são os profissionais que permanecem dentro do laboratório de cateterismo cardíaco durante todo o período do procedimento, mas não tão próximos do paciente quanto os médicos. No período de 1991 a 2000, as doses anuais dos auxiliares de enfermagem do hospital A não excederam aos limites recomendados, conforme mostra a Figura 5.

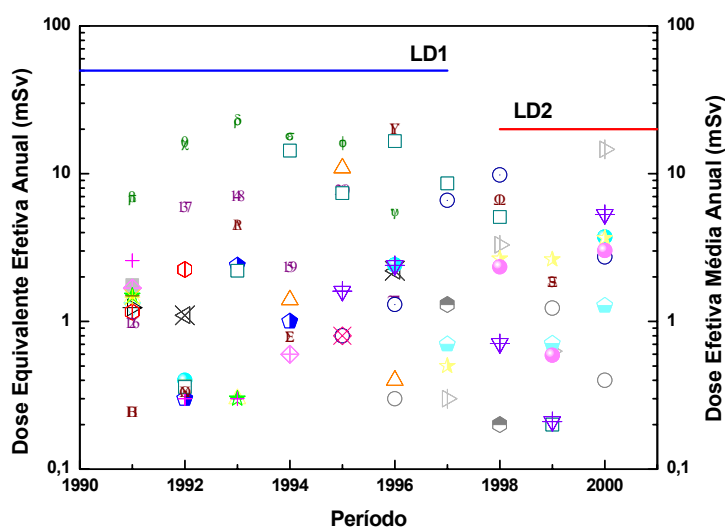


FIGURA 5 - Distribuição das doses anuais dos auxiliares de enfermagem do serviço de hemodinâmica do hospital A em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN-NE-3.01/1988 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/1998 (LD2), no período de 1991 a 2000. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos auxiliares de enfermagem do hospital A são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos auxiliares de enfermagem do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1991	13	1,8 ± 1,7	0,3	7,1
1992	10	2,8 ± 5,2	0,3	16,7
1993	8	5,1 ± 7,8	0,3	23,6
1994	7	5,6 ± 7,6	0,6	18,8
1995	7	6,6 ± 6,1	0,8	16,8
1996	10	5,3 ± 7,2	0,3	20,6
1997	6	3,0 ± 3,6	0,3	8,6
1998	8	3,9 ± 3,2	0,2	9,8
1999	8	1,1 ± 0,9	0,2	2,6
2000	9	4,7 ± 4,3	0,4	14,6

Os auxiliares de enfermagem, no período de 1991 a 1997, receberam doses anuais médias no intervalo de  $(1,8 \pm 1,7)$  mSv a  $(6,6 \pm 6,1)$  mSv, e a dose anual mais alta recebida por um desses profissionais que foi de 23,6 mSv, equivale a 47,2 % do limite da CNEN.

No período de 1998 a 2000, os auxiliares receberam doses anuais médias no intervalo de  $(1,1 \pm 0,9)$  mSv a  $(4,7 \pm 4,3)$  mSv, e a dose anual mais alta de 14,6 mSv corresponde a 73 % do limite da SVS.

Apesar do registro de dose de 23,6 mSv em 1993 ser maior do que o registro de dose de 14,6 mSv em 2000, verifica-se que com a redução do limite anual de 50 mSv para 20 mSv, esse último registro de dose anual aproximou-se mais do limite recomendado.

Comparando as Figuras 2, 3 e 5 e as Tabelas 6, 7 e 9, observa-se que as doses anuais dos auxiliares de enfermagem são maiores que as doses anuais dos médicos, e apresentaram um comportamento semelhante as doses anuais dos médicos residentes.

Neste contexto, verifica-se que esses resultados contradizem o estudo de Kottou et al. (2001), que apresentam registros de doses de médicos e médicos em fase de treinamento maiores do que os registros de doses dos demais profissionais integrantes das equipes médicas dos serviços de hemodinâmica.

#### **5.1.5 Doses anuais dos enfermeiros**

Os enfermeiros do serviço de hemodinâmica do hospital participam dos procedimentos no laboratório de cateterismo cardíaco somente quando o médico necessita de um profissional mais qualificado para auxiliá-lo. Em função disso, esses profissionais podem receber doses mais baixas que os demais profissionais da equipe médica. No período analisado, todos receberam doses anuais inferiores a 10 mSv, conforme mostra a Figura 6.

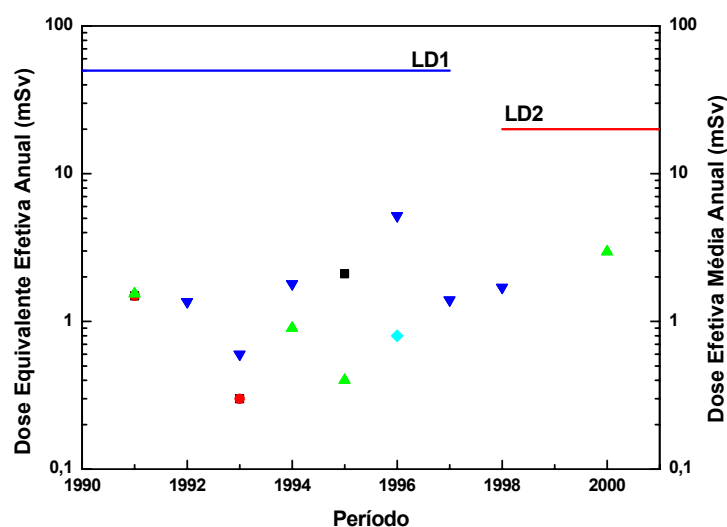


FIGURA 6 - Distribuição das doses anuais dos enfermeiros do serviço de hemodinâmica do hospital A em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN NE-3.01/1988 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/1998 (LD2), no período de 1991 a 2000. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos enfermeiros do hospital A são apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos enfermeiros do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1991	3	1,5 ± 0,1	1,4	1,6
1992	1	1,4 ± 0,1	-	-
1993	3	0,4 ± 0,2	0,3	0,6
1994	2	1,4 ± 0,6	0,9	1,8
1995	2	1,3 ± 1,2	0,4	2,1
1996	2	3,0 ± 3,1	0,8	5,2
1997	1	1,4 ± 0,1	-	-
1998	1	1,7 ± 0,1	-	-
1999	0	-	-	-
2000	1	2,9 ± 0,1	-	-

Os enfermeiros, no período de 1991 a 2000, receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,4 \pm 0,2)$  mSv a  $(3,0 \pm 3,1)$  mSv. A dose anual mais alta recebida nesse período foi de 5,2 mSv, que corresponde a 10,4 % do limite da CNEN.

No período de 1998 a 2000, esses profissionais receberam doses anuais médias no intervalo de  $(1,7 \pm 0,1)$  mSv a  $(2,9 \pm 0,1)$  mSv, sendo que a dose anual mais alta foi de 2,9 mSv, equivalente a 14,5% do limite da SVS.

Comparando as Figuras 2 e 6 e as Tabelas 6 e 10, observa-se que as doses anuais dos enfermeiros tiveram um comportamento similar as doses anuais dos médicos no período analisado. Este fato pode estar relacionado com a eventualidade que esses profissionais participam dos procedimentos de hemodinâmica.

#### **5.1.6 Doses anuais dos técnicos especializados**

Os técnicos especializados, dentre as ocupações que auxiliam a equipe médica do serviço de hemodinâmica no hospital A, geralmente permanecem durante todo o procedimento no laboratório de cateterismo cardíaco, pois tem a função de registrar parâmetros médicos do paciente. Além disso, fazem a programação do exame no painel do comando do equipamento de hemodinâmica e são responsáveis pela gravação dos procedimentos em filme de 35 mm, fita VHS e CD-ROM.

As doses anuais dos técnicos especializados, no período de 1991 a 2000, não excederam aos limites da CNEN e da SVS, conforme mostra a Figura 7.

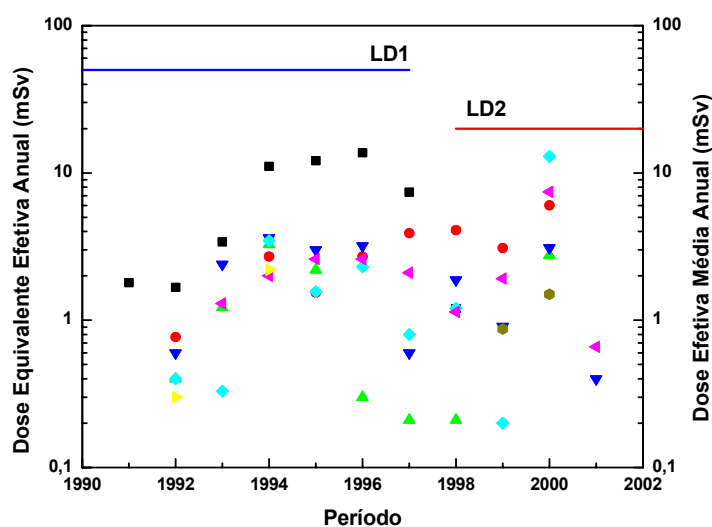


FIGURA 7 - Distribuição das doses anuais dos técnicos especializados do serviço de hemodinâmica do hospital A em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN-NE-3.01/1988 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/1998 (LD2), no período de 1991 a 2000. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos técnicos especializados do hospital A, no período de 1991 a 2000, são apresentados na Tabela 11.

TABELA 11 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos técnicos especializados do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1991	1	1,8 ± 0,1	-	-
1992	6	0,7 ± 0,5	0,3	1,7
1993	5	1,7 ± 1,2	0,3	3,4
1994	7	4,0 ± 3,2	2,0	11,1
1995	6	3,8 ± 4,1	1,5	12,1
1996	6	4,1 ± 4,8	0,3	13,7
1997	6	2,5 ± 2,7	0,2	7,4
1998	6	1,6 ± 1,3	0,2	4,1
1999	5	1,4 ± 1,1	0,2	3,1
2000	6	5,6 ± 4,2	1,5	12,9

Os técnicos especializados receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,7 \pm 0,5)$  mSv a  $(4,1 \pm 4,8)$  mSv no período de 1991 a 1997, e a dose anual mais alta foi de 13,7 mSv, que corresponde a 27,4 % do limite da CNEN.

No período de 1998 a 2000, esses profissionais receberam doses anuais médias no intervalo de  $(1,4 \pm 1,1)$  mSv a  $(5,6 \pm 4,2)$  mSv. A dose anual mais alta recebida nesse período foi de 12,9 mSv, que equivale a 64,5 % do limite da SVS.

Comparando as Figuras 5 e 7 e as Tabelas 9 e 11, verifica-se um comportamento similar das doses anuais dos técnicos especializados e dos auxiliares de enfermagem. Esse fato pode estar relacionado com a permanência desses profissionais durante todo o procedimento de hemodinâmica no laboratório de cateterismo cardíaco, realizando suas atividades em posições não tão próximas ao paciente e a fonte de raios-X quanto os médicos.

#### **5.1.7 Doses anuais dos operadores de raios-X**

Os operadores de raios-X, outra ocupação especializada de apoio a equipe médica do serviço de hemodinâmica do hospital A, permanecem no laboratório de cateterismo cardíaco durante o procedimento somente em caso de necessidade quando ocorre solicitação por parte do médico.

As doses desses profissionais no período de 1991 a 2000 não excederam os limites de 50mSv e 20 mSv, conforme mostra a Figura 8.

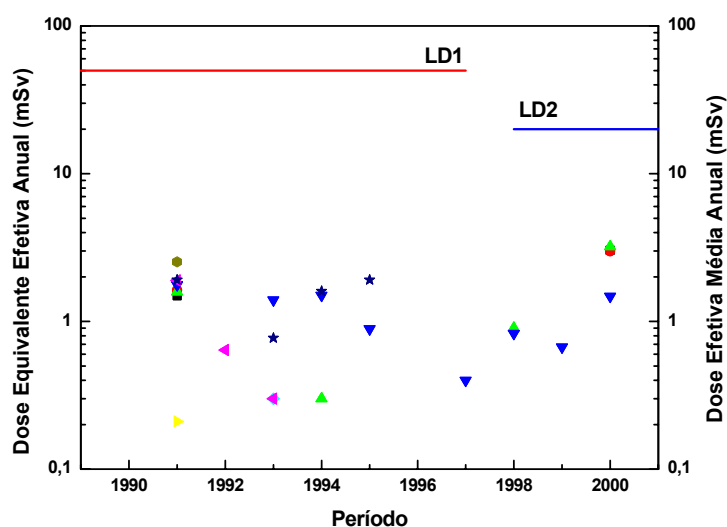


FIGURA 8 - Distribuição das doses anuais dos operadores de raios-X do serviço de hemodinâmica do hospital A em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN-NE-3.01/1988 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/1998 (LD2), no período de 1991 a 2000. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos operadores de raios-X do hospital A são apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos operadores de raios-X do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1991	8	1,6 ± 0,7	0,2	2,5
1992	1	0,6 ± 0,1	-	-
1993	4	0,7 ± 0,5	0,3	1,4
1994	3	1,1 ± 0,7	0,3	1,6
1995	2	1,4 ± 0,7	0,9	1,9
1996	0	-	-	-
1997	1	0,4 ± 0,1	-	-
1998	2	0,8 ± 0,1	0,7	0,9
1999	1	0,7 ± 0,1	-	-
2000	4	2,7 ± 0,8	1,5	3,2



Comparando as figuras 3, 6 e 8, observa-se que os médicos, os enfermeiros e os operadores de raios-X receberam doses inferiores a 0,6 mSv no período de 1991 a 2000. A similaridade nos valores das doses recebidas por esses profissionais pode estar relacionada com a eventualidade da participação nos procedimentos de hemodinâmica.

Os operadores de raios-X receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,6 \pm 0,1)$  mSv a  $(1,6 \pm 0,7)$  mSv no período de 1991 a 1997, e a dose anual mais alta recebida por um desses profissionais foi de 2,5 mSv, que corresponde a 5 % do limite da CNEN.

No período de 1998 a 2000, esses profissionais receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,7 \pm 0,1)$  mSv a  $(2,7 \pm 0,8)$  mSv, e a dose anual mais alta nesse período de 3,2 mSv equivale a 16 % do limite da SVS.

#### **5.1.8 Doses anuais dos profissionais classificados como outro**

Os profissionais classificados como outro, segundo o supervisor de proteção radiológica do hospital A, podem ser médicos, enfermeiros ou técnicos dentre outras ocupações especializadas que integram as equipes médicas, e é uma classificação dada pelo hospital por circunstâncias do serviço de hemodinâmica. As doses anuais desses profissionais não excederam os limites recomendados pela CNEN e pela SVS, conforme mostra a Figura 9. No período analisado, 100% desses profissionais receberam doses inferiores a 6 mSv.

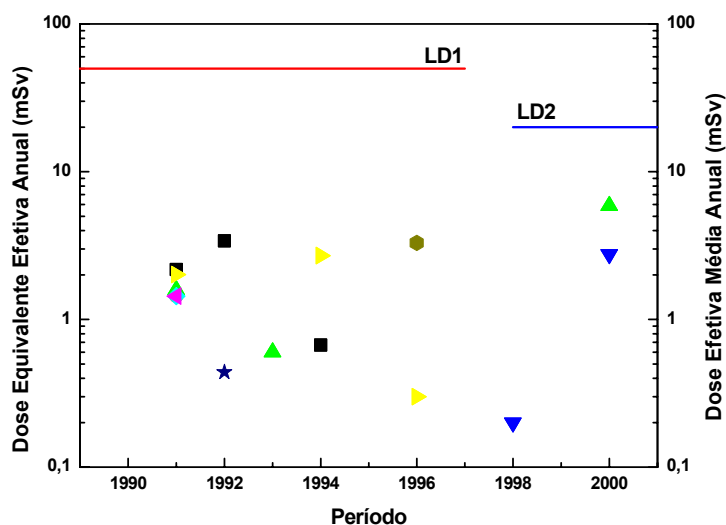


FIGURA 9 - Distribuição das doses anuais dos profissionais classificados como outro do serviço de hemodinâmica do hospital A em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN-NE-3.01/1988 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/1998 (LD2), no período de 1991 a 2000. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais desses profissionais do hospital A são apresentados na Tabela 13.

TABELA 13 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos profissionais classificados como outro do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Mínima Anual (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1991	6	1,7 ± 0,3	1,4	2,2
1992	2	1,9 ± 2,1	0,4	3,4
1993	1	0,6 ± 0,1	-	-
1994	2	1,7 ± 1,4	0,7	2,7
1995	0	-	-	-
1996	2	1,8 ± 2,1	0,3	3,3
1997	0	-	-	-
1998	1	0,2 ± 0,1	-	-
1999	0	-	-	-
2000	2	4,3 ± 2,2	2,8	5,9

Esses profissionais receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,6 \pm 0,1)$  mSv a  $(1,9 \pm 2,1)$  mSv no período de 1991 a 1997, sendo que a dose anual mais alta foi de 3,4 mSv, equivalente a 6,6 % do limite da CNEN.

No período de 1998 a 2000, receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,2 \pm 0,1)$  mSv a  $(4,3 \pm 2,2)$  mSv, e a dose anual mais alta de 5,9 mSv, corresponde a 29,5 % do limite da SVS.

## **5.2 Análise das doses anuais da equipe médica do serviço de hemodinâmica do hospital B e comparação com os resultados do hospital A.**

Os 176 profissionais que tiveram suas doses analisadas no período de 1992 a 2002 no hospital B são compostos por 136 médicos, 33 auxiliares de enfermagem e 7 enfermeiros.

Observou-se no estudo que o hospital B tem uma dinâmica de trabalho diferente do hospital A. Os procedimentos hemodinâmicos são realizados por cinco equipes de médicos terceirizados, em horários específicos do dia e durante os cinco dias da semana. As equipes se dividem, pelos sete laboratórios de cateterismo cardíaco do serviço de hemodinâmica, cada qual em seu horário, para atender a demanda de procedimentos destinados ao hospital. As equipes têm que realizar um certo número de procedimentos por dia, variando a quantidade de procedimentos de uma equipe para outra.

O tempo médio de realização do procedimento de cateterismo cardíaco pelas equipes médicas é de 57 minutos, considerando desde o preparo do paciente até o final do exame.

### **5.2.1 Doses anuais dos médicos**

Os médicos do serviço de hemodinâmica do hospital B são os profissionais que executam os procedimentos de hemodinâmica, permanecendo muito próximo ao paciente e ao tubo de raios-X durante o exame, expondo-se mais à radiação ionizante do que as demais ocupações especializadas que integram as equipes médicas.

Do total de 136 médicos, 78,7% receberam doses anuais inferiores a 10 mSv no período de 1992 a 2002.

No período de 1992 a 1997, quando o limite estabelecido era de 50mSv, 3,1 % dos médicos receberam doses anuais entre 20 e 30 mSv, e 5,8 % receberam doses anuais entre 10 e 20 mSv.

No período de 1998 a 2002, 9,6 % desses profissionais receberam doses entre 10 e 15 mSv, e 3,7 % receberam doses anuais entre 15 e 20 mSv. Somente um médico recebeu uma dose anual acima do limite da SVS, conforme mostra a Figura 10.

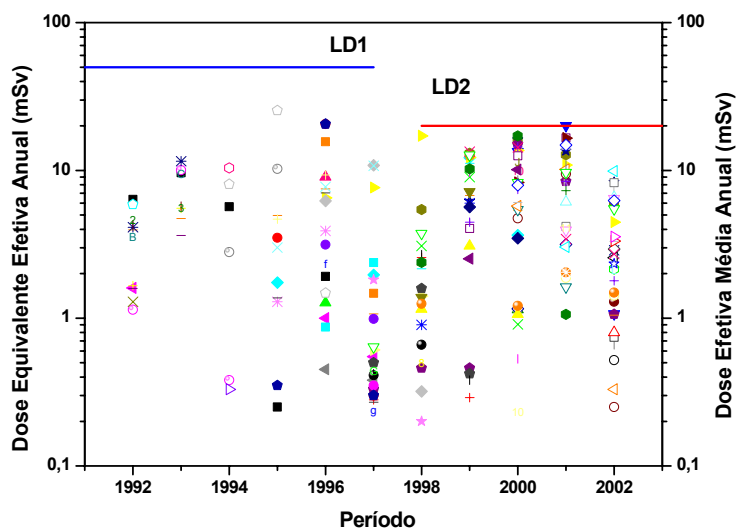


FIGURA 10 - Distribuição das doses anuais dos médicos do serviço de hemodinâmica do hospital B em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN NE-3.01/88 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/98 (LD2), no período de 1992 a 2002. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos médicos do hospital B, no período de 1992 a 2002, são apresentados na Tabela 14.

Os médicos receberam em média doses anuais médias no intervalo de  $(1,9 \pm 3,1)$  mSv a  $(7,3 \pm 2,8)$  mSv no período de 1991 a 1997. A dose anual mais

alta recebida por um desses profissionais foi de 25,4 mSv, que equivale a 50,8 % do limite da CNEN.

No período de 1998 a 2000, esses profissionais receberam doses anuais médias no intervalo de  $(2,6 \pm 3,6)$  mSv a  $(7,9 \pm 5,3)$  mSv, e a dose anual mais alta que foi de 20,1 mSv, que excede 0,5 % do limite da SVS.

TABELA 14 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos médicos do serviço de hemodinâmica do hospital B, no período de 1992 a 2002.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1992	12	$3,3 \pm 1,8$	1,1	6,4
1993	9	$7,3 \pm 2,8$	3,6	11,6
1994	7	$5,8 \pm 4,9$	0,3	12,7
1995	12	$5,3 \pm 6,9$	0,2	25,4
1996	21	$7,0 \pm 6,8$	0,5	20,6
1997	24	$1,9 \pm 3,1$	0,2	10,8
1998	21	$2,6 \pm 3,6$	0,2	17,1
1999	27	$6,9 \pm 3,6$	0,3	13,4
2000	35	$7,7 \pm 5,2$	0,2	17,1
2001	30	$7,9 \pm 5,3$	1,0	20,1
2002	35	$3,4 \pm 2,6$	0,2	9,9

Comparando as Figuras 2 e 10 e as Tabelas 6 e 14, observa-se que os médicos do hospital B receberam doses anuais mais altas do que os médicos do hospital A. Dentre as doses mais altas recebidas por estes profissionais nota-se que dose anual recebida por um médico do hospital B em 1995 foi 21,1 vezes maior do que a dose anual recebida por um médico do hospital A no mesmo ano. Em 2000, a dose anual do médico do hospital A foi 3,2 vezes menor do que a dose anual do médico do hospital B.

Vários fatores podem ser atribuídos a esse resultado, dentre os quais destacam-se: a) a diferença nas características de trabalhos dos hospitais; b) a participação eventual dos médicos do hospital A nos procedimentos de hemodinâmicas; e c) a quantidade de procedimentos hemodinâmicos realizados anualmente pelos médicos.

### **5.2.2 Doses anuais dos enfermeiros**

Os enfermeiros do serviço de hemodinâmica do hospital B possuem a mesma função que os enfermeiros do hospital A, isto é, esses profissionais geralmente ficam de prontidão no serviço de hemodinâmica e somente participam dos procedimentos no laboratório de cateterismo cardíaco quando solicitado pelo médico. Todos os enfermeiros receberam doses inferiores a 1 mSv no período de 1992 a 2002.

Comparando as doses anuais dos enfermeiros dos dois hospitais objetos deste estudo, verifica-se que no hospital A esses profissionais apresentaram registros de doses anuais maiores do que no hospital B.

### **5.2.3 Doses anuais dos auxiliares de enfermagem**

Os auxiliares de enfermagem do hospital B, assim como os auxiliares de enfermagem do hospital A, participam do procedimento hemodinâmico durante todo o tempo de sua realização, em posição não tão próxima ao paciente quanto a do médico.

Praticamente, 97 % dos auxiliares receberam doses inferiores a 10 mSv no período de 1992 a 2002. Somente um auxiliar recebeu uma dose anual próxima ao limite da SVS, conforme mostra a Figura 11. Esses profissionais apresentaram doses anuais maiores do que os enfermeiros que integram as equipes médicas do serviço de hemodinâmica do hospital B.

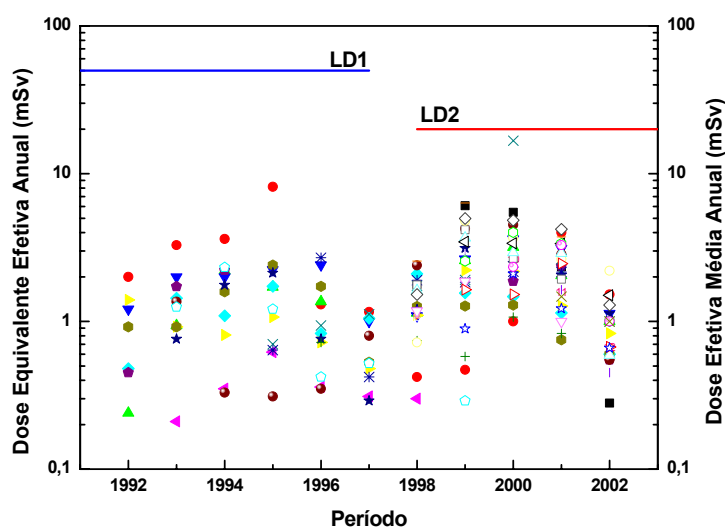


FIGURA 11 - Distribuição das doses anuais dos auxiliares de enfermagem do laboratório de hemodinâmica do hospital B em relação ao limite de dose equivalente efetiva anual da Norma da CNEN-NE-3.01/88 (LD1) e ao limite de dose efetiva média anual da Portaria 453 da SVS/98 (LD2), no período de 1992 a 2002. Cada símbolo representa a dose anual de um profissional.

Os valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos enfermeiros do hospital B no período de 1992 a 2002, são apresentados na Tabela 15.

TABELA 15 - Valores médios, mínimos e máximos das doses anuais dos auxiliares de enfermagem do serviço de hemodinâmica do hospital B, no período de 1992 a 2002.

Ano	Quantidade da Amostra de Doses Anuais	Dose Anual Média (mSv)	Dose Anual Mínima (mSv)	Dose Anual Máxima (mSv)
1992	7	0,9 ± 0,6	0,2	2,0
1993	11	1,3 ± 0,8	0,2	3,3
1994	11	1,7 ± 1,0	0,3	3,6
1995	12	1,9 ± 2,0	0,3	8,2
1996	13	1,1 ± 0,8	0,3	2,7
1997	11	0,7 ± 0,3	0,2	1,2
1998	23	1,3 ± 0,6	0,3	2,6
1999	27	2,7 ± 1,6	0,3	6,3
2000	26	3,2 ± 3,0	1,0	16,7
2001	28	2,3 ± 1,0	0,8	4,2
2002	24	0,9 ± 0,4	0,3	2,2

Os auxiliares de enfermagem receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,7 \pm 0,3)$  mSv a  $(1,9 \pm 2,0)$  mSv no período de 1991 a 1997. A dose anual mais alta no período de 8,2 mSv corresponde a 16,4 % do limite da CNEN.

No período de 1998 a 2000, esses profissionais receberam doses anuais médias no intervalo de  $(0,9 \pm 0,4)$  mSv a  $(3,2 \pm 3,0)$  mSv, e a dose anual mais alta de 16,7 mSv equivale a 83,5 % do limite da SVS.

Comparando as figuras 10 e 11 e as tabelas 14 e 15, observa-se que somente 3 % dos auxiliares de enfermagem apresentaram registros de doses anuais acima de 10 mSv, enquanto que 21,3 % dos médicos tiveram registros de doses anuais acima desse valor.

Os resultados obtidos dos hospitais A e B são apresentados em termos de média aritmética das doses anuais, do desvio padrão e dos valores de doses anuais mínimos e máximos. Nota-se que os valores de desvio padrão em relação à média das doses anuais apresentam-se altos e com grande variação. Alguns fatores podem ter influenciado para que esta medida de incerteza tivesse este tipo de comportamento, dentre os quais destacam-se: a) o número pequeno da amostra por ano para o cálculo estatístico; e b) a grande dispersão dos registros de doses anuais nos períodos avaliados.

### **5.3 Avaliação das doses efetivas e das doses equivalentes nas mãos e no cristalino, por procedimento de hemodinâmica, dos médicos cardiologistas (principal e assistente) e dos auxiliares de enfermagem do serviço de hemodinâmica do hospital B.**

Consta nos registros do serviço de hemodinâmica do hospital B, o tempo total gasto para a realização de procedimentos de cateterismo cardíaco e



angioplastia pelas 5 equipes médicas, considerando desde o preparo do paciente até o final do exame.

Pode-se observar que esse tempo varia entre essas equipes conforme mostra a Tabela 16.

TABELA 16 – Tempo médio total por procedimento das equipes médicas do hospital B

Equipe médica	Procedimento de cateterismo cardíaco (min)	Procedimento de angioplastia (min)
1	70	90
2	45	65
3	50	80
4	60	90
5	60	90

Fonte: Dados extraídos dos registros do serviço de hemodinâmica do hospital B, 2002.

Nota-se que a equipe 2 é quem realiza em menos tempo ambos procedimentos de hemodinâmica. A diferença entre o tempo maior e o menor para a realização dos procedimentos de cateterismo cardíaco e de angioplastia foi de 25 minutos.

O tempo da fluoroscopia usada durante os procedimentos por equipe médica, nos quais foram realizadas as medidas de doses efetivas e doses equivalentes nas mãos e no cristalino, são apresentados na Tabela 17.

TABELA 17 – Tempo de fluoroscopia por procedimento utilizado pelas equipes médicas do serviço de hemodinâmica no hospital B.

Equipe Médica	Procedimento	Tempo da Fluoroscopia (s)
1	Cateterismo cardíaco	52
2	Cateterismo cardíaco	57
3	Cateterismo cardíaco	48
4	Angioplastia	86
5	Cateterismo cardíaco	44

Analisando as Tabelas 16 e 17, verifica-se que o tempo total despendido entre as equipes médicas para a realização dos procedimentos hemodinâmicos não depende necessariamente do tempo utilizado na fluoroscopia. Existem outros fatores que influenciam na diferença dos tempos mostrado na Tabela 16, dentre os quais pode-se destacar: a) a experiência dos componentes da equipe médica; b) o grau de integração entre os componentes da equipe; c) a complexidade do exame; d) a idade do equipamento de hemodinâmica; e e) a qualidade da imagem radiológica.

Os resultados das medidas de doses equivalentes nas mãos e no cristalino dos olhos e as doses efetivas dos médicos cardiologistas (principal e assistente) e dos auxiliares de enfermagem das cinco equipes do serviço de hemodinâmica do hospital B são apresentados na Tabela 18.

As regiões do corpo que apresentaram registros de doses foram justamente aquelas que ficam desprotegidas durante os procedimentos, e não fazem parte do sistema de monitoramento individual adotado pelo hospital B, conforme mostra a Tabela 18.

TABELA 18 - Medidas de doses por procedimento, realizadas no laboratório de cateterismo cardíaco do hospital B.

Equipe	Ocupação	Procedimento	Região do corpo	Dose (mSv)	
1	Médico principal	Cateterismo cardíaco	Tronco	M*	
			Perna	M	
			Testa	M	
			Mão direita	0,36	
			Mão esquerda	0,28	
	Médico assistente	Tronco	M		
		Perna	M		
		Testa	M		
		Mão direita	M		
Auxiliar de Enfermagem	Tronco	M			
	Costas	M			
2	Médico principal	Cateterismo cardíaco	Tronco	M	
			Perna	M	
			Testa	M	
			Mão direita	0,25	
			Mão esquerda	0,26	
	Médico assistente	Tronco	M		
		Perna	M		
		Testa	M		
		Mão direita	M		
Auxiliar de Enfermagem	Tronco	M			
	Costas	M			
3	Médico principal	Cateterismo cardíaco	Tronco	M	
			Perna	M	
			Testa	M	
			Mão direita	0,20	
			Mão esquerda	0,24	
	Auxiliar de Enfermagem	Tronco	M		
		Costas	M		
	4	Médico principal	Angioplastia	Tronco	M
				Perna	M
Testa				0,76	
Mão direita				0,36	
Mão esquerda				0,36	
Médico assistente		Tronco	M		
		Perna	M		
		Testa	M		
		Mão direita	M		
Auxiliar de Enfermagem	Tronco	M			
	Costas	M			
5	Médico principal	Cateterismo Cardíaco	Tronco	M	
			Perna	M	
			Testa	M	
			Mão direita	M	
			Mão esquerda	0,20	
	Auxiliar de Enfermagem	Tronco	M		
		Costas	M		

\*M – dose menor do que 0,20 mSv, segundo o relatório das leituras das doses feito pelo Laboratório de Dosimetria Termoluminescente do Centro de Metrologia das Radiações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

Os médicos cardiologistas (principal e assistente) receberam doses entre 0,20 e 0,28 mSv para mão esquerda e entre 0,20 e 0,36 mSv para a mão direita. O médico da equipe 4, que realizou o procedimento de angioplastia, recebeu 0,36 mSv em cada mão e 0,76 mSv na região da testa. Nas regiões da perna e do tronco todos os valores de doses foram menor que 0,20 mSv. Os auxiliares de enfermagem também receberam doses menor que 0,20 mSv na região do tronco e das costas.

Analisando as Tabelas 17 e 18, verifica-se que são poucos os dados de doses para relacionar o tempo de fluoroscopia despendido no procedimento com as doses recebidas, pois não houve uma diferença significativa nas doses equivalentes das mãos e do cristalino dos profissionais das cinco equipes médicas.

Deve-se considerar que dependendo do número de procedimentos realizados pelas equipes médicas durante o ano, as doses equivalentes nas extremidades e no cristalino podem exceder aos limites estabelecidos pela Diretriz da Portaria 453/98.

#### **5.4 Medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes adotadas nos serviços de hemodinâmica dos hospitais A e B.**

O questionário “Medidas de Controle da Exposição Ocupacional às Radiações Ionizantes adotadas no Serviço de Hemodinâmica”, aplicado nos hospitais A e B, teve como objetivo verificar as condições de trabalho das equipes médicas dos laboratórios de cateterismo cardíaco. Os anexos I e II apresentam os questionários respondidos pelos hospitais A e B, respectivamente.

A primeira questão abordada foi com relação ao comprometimento da direção do hospital com o gerenciamento da segurança e a aplicação do ALARA. Verificou-se resposta negativa para o hospital A e o hospital B não respondeu. Neste contexto, ressalta-se que o trabalho integrado da direção do hospital com o serviço de segurança do trabalho e o serviço de proteção radiológica é garantia de sucesso na promoção do desenvolvimento do sistema de proteção radiológica.

É de fundamental importância que a proteção radiológica e a segurança do trabalho sejam partes integrantes das funções diárias dos trabalhadores em todos os níveis hierárquicos da instituição.

Os hospitais A e B afirmaram que realizam a implementação do programa de garantia da qualidade do equipamento, o levantamento radiométrico das barreiras de chumbo dos laboratórios de cateterismo cardíaco, e as medições da radiação de fuga dos cabeçotes dos equipamentos de raios-X em seus serviços de hemodinâmica. Essas três medidas permitem assegurar que o trabalho com radiação está sendo realizado de maneira segura para o trabalhador, para o paciente e para o público, mantendo condições de trabalho satisfatórias para a equipe médica, e garantia da qualidade na imagem radiológica do procedimento hemodinâmico.

Na questão sobre inspeção periódica das barreiras de chumbo, os hospitais A e B responderam afirmativamente. As inspeções periódicas são importantes no controle da exposição à radiação da equipe médica e do paciente nos laboratórios de cateterismo cardíaco.

A questão sobre a comunicação dos resultados mensais de dose acima de 3/10 do limite anual à autoridade sanitária local foi respondida negativamente pelos dois hospitais. Nesse caso, geralmente os supervisores de proteção radiológica dos hospitais A e B costumam averiguar e relatar as condições de trabalho que permitiram que o trabalhador recebesse dose acima de 3/10 do limite anual e deixam registrado em relatórios o fato ocorrido no próprio hospital.

Os dois supervisores afirmam a realização da troca mensal dos dosímetros, o assentamento e os registros das doses, mas não correlacionam a leitura dos dosímetros com o registro do tempo da fluoroscopia e da cine por procedimento hemodinâmico realizado. Segundo, o supervisor do hospital A, a correlação é difícil de ser realizada devido ao número elevado de profissionais que compõem as equipes médicas, a complexidade dos procedimentos hemodinâmicos, e a existência de muitas salas com diferentes tipos de equipamentos. Alguns equipamentos não fornecem as informações necessárias para essa correlação. Se esta medida fosse realizada, auxiliaria os supervisores

na revisão das práticas adotadas pela equipe médica dos laboratórios de cateterismo cardíaco a fim de manter a dose tão baixa como razoavelmente exeqüível.

Os supervisores de proteção radiológica dos dois hospitais responderam afirmativamente na questão sobre a realização de treinamentos para qualificação dos profissionais das equipes médicas dos laboratórios de cateterismo cardíaco, em que abordam aspectos sobre geração de raios-X, conceito de dosimetria, legislação, proteção radiológica e efeitos biológicos das radiações, entre outros. Segundo os supervisores, os assuntos como técnicas de fluoroscopia, fluorografia e imagem digital, geralmente são repassados por profissionais do suporte técnico dos equipamentos de hemodinâmica. Os hospitais A e B realizam treinamento anualmente para as equipes médicas dos serviços de hemodinâmica. A implementação de um programa de qualificação contínua em proteção radiológica é importante, pois visa à conscientização e melhoria do desempenho dos profissionais envolvidos na gestão e controle dos riscos existentes no ambiente de trabalho.

Com relação à questão sobre as doses mensais dos profissionais que executam atividades com radiação em mais de um estabelecimento, os responsáveis pelos hospitais A e B, assim como os supervisores de proteção radiológica, não atendem ao disposto no item 3.7 sub-item J da Portaria 453 que diz: “No caso de indivíduos que trabalham em mais de um serviço, os titulares de cada serviço devem tomar as medidas necessárias de modo a garantir que a soma das exposições ocupacionais de cada usuário do dosímetro não ultrapassem aos limites estabelecido neste Regulamento”.

Nas questões sobre as medidas de controle existentes nos laboratórios de cateterismo cardíaco, as respostas foram afirmativas para os dois hospitais quanto à separação das salas de comando dos equipamentos de hemodinâmica das salas de procedimento hemodinâmico, e quanto à existência de sinal luminoso no momento em que os raios-X estão sendo gerados. Somente o hospital A afirmou a existência de sistema de proteção que interrompe a produção de raios-X quando a porta da sala é aberta durante o procedimento.

Com relação às medidas de controle existentes nos equipamentos de hemodinâmica, em ambos os serviços de hemodinâmica já existem equipamentos com fluoroscopia pulsada, sistema digital para cine, congelamento da última imagem, colimação do feixe primário de raios-X, diafragma ajustável e intensificador de imagem.

Quanto à existência de filtros de cobres adicionais, o hospital A respondeu negativamente, e o hospital B respondeu que existem em alguns equipamentos e em outros não.

A resposta foi negativa com respeito à questão sobre a existência de medidor de taxa de exposição sobre a mesa do paciente para o hospital A, e o supervisor de proteção radiológica do hospital B informou que alguns equipamentos possuem esse medidor e outros não. Quanto ao uso de medidor de dose no paciente ambos responderam não. A questão sobre a existência de gravador de vídeo tape para exames repetidos foi negativa para o hospital A e afirmativa para o hospital B. Este conjunto de medidas de controle propicia o controle e redução das exposições dos pacientes à radiação primária e das equipes médicas à radiação espalhada.

O médico do hospital A afirmou que as equipes médicas adotam práticas para a redução das doses, a saber:

- minimização da exposição do paciente;
- redução do tempo da fluoroscopia;
- uso de colimação do feixe primário de raios X;
- manutenção de distância adequada entre o tubo de raios-X e o paciente;
- manutenção de distância adequada entre o corpo / mãos e o feixe primário de raios X; e
- conhecimento básico da física das radiações e segurança no uso do equipamento hemodinâmico.

Com relação ao hospital B, um médico cardiologista afirmou a adoção de todas as práticas acima descritas.

As respostas afirmativas sobre treinamento corroboram as respostas dos supervisores de proteção radiológica dos dois hospitais.

Os supervisores dos hospitais A e B implementaram o uso de medidas de controle de caráter coletivo como cortina lateral de chumbo, mas com relação à questão sobre a utilização desta medida por parte dos médicos e médicos auxiliares, a resposta foi negativa para ambos hospitais. Segundo estes supervisores de radioproteção, há uma certa resistência por parte de alguns médicos em utilizá-lo, pois alegam prejudicar o desenvolvimento dos procedimentos hemodinâmicos.

Quanto à utilização dos equipamentos de proteção individual, os profissionais das equipes médicas de ambos os serviços de hemodinâmica usam aventais de chumbo apropriados, que cobrem a parte da frente e das costas, com ajustes para minimizar as aberturas dos braços, além de cobrir o torso inteiro até abaixo do joelho. Costumam usar protetor de tireóide e óculos plumbíferos. Não utilizam luvas plumbíferas, pois são mais grossas que as luvas cirúrgicas e podem comprometer a execução do procedimento.

Quanto ao sistema de monitoramento individual, os dois hospitais indicaram que adotam somente o uso de um único dosímetro posicionado no tronco sobre o avental de chumbo. Segundo Johnson et al. (2001), o sistema de monitoramento compreendendo o uso de um dosímetro sobre o avental de chumbo posicionado na região do tronco estima somente a dose efetiva para corpo inteiro, e não dá uma informação mais real das doses de órgãos não protegidos como os dedos, a tireóide e os olhos, que provavelmente recebem doses altas. De acordo com Jankowski et al. (2002), o controle das doses das mãos em relação ao limite anual recomendado deve ser tão praticado quanto para as doses de corpo inteiro.



## 5.5 Perfil dos profissionais dos serviços de hemodinâmica

### 5.5.1 Em função da variável tempo de monitoramento individual do Hospital A

Dentre as ocupações especializadas que fazem parte das equipes médicas do serviço de hemodinâmica do hospital A, observa-se que as ocupações de médico residente e estagiário de nível superior tiveram um tempo médio de monitoramento individual menor do que as demais ocupações

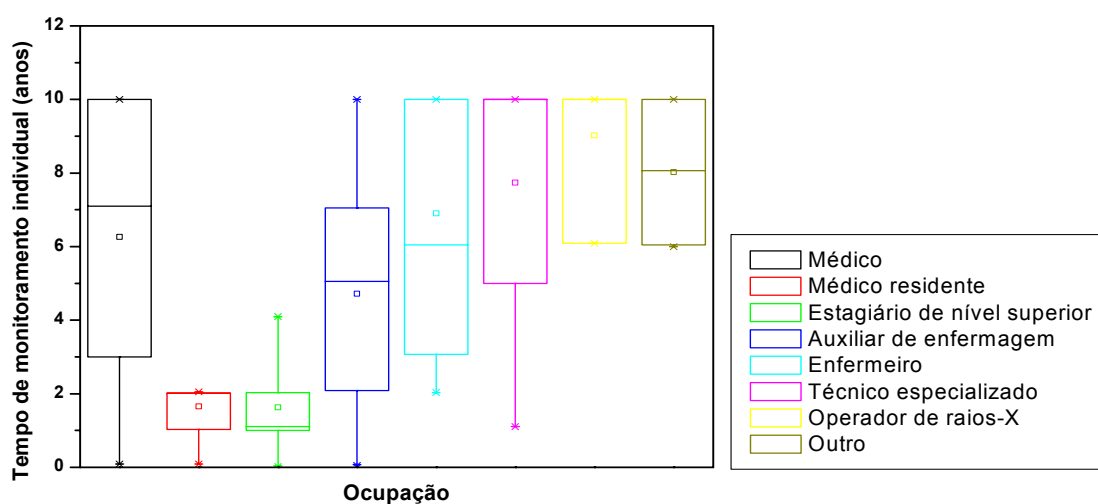


FIGURA 12 – Desenho esquemático do tempo de monitoramento individual em função das ocupações especializadas do serviço de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000. A média e a mediana estão representadas pelo símbolo quadrado e pelo traço horizontal no interior do retângulo respectivamente. O bigode inferior representa o 1º quartil (25% dos valores menores), o retângulo representa o 2º quartil (50% dos valores centrais) e o bigode superior o 3º quartil (25% dos valores maiores). Os símbolos traço nas pontas dos bigodes e o asterisco representam os limites máximos e mínimos, e os pontos dispersos respectivamente.

As ocupações especializadas de médico, auxiliar de enfermagem, enfermeiro, técnico especializado e operador de raios-X tiveram profissionais que foram monitorados individualmente durante 10 anos. A ocupação de operador de raios-X foi a que apresentou um tempo médio de monitoramento maior que as demais ocupações (aproximadamente 9 anos).

Analisando as Figuras 2, 3, 4 e 12, observa-se que as ocupações de médico residente e estagiário de nível superior apresentaram profissionais com

doses anuais acima de 10 mSv e tempo médio de monitoramento individual de 1 ano e seis meses aproximadamente, ao contrário da ocupação de médico que teve profissionais com doses anuais inferiores a 10 mSv e tempo médio de monitoramento maior (aproximadamente 6 anos).

### 5.5.2 Em função da variável tempo de monitoramento individual do Hospital B

Dentre as ocupações especializadas que fazem parte das equipes médicas do serviço de hemodinâmica do hospital B, a ocupação de médico teve um tempo médio de monitoramento individual menor (aproximadamente 2 anos e meio) em relação as ocupações de auxiliar de enfermagem e enfermeiro que tiveram um tempo médio de monitoramento individual em torno de 6 e 4 anos respectivamente, no período de 1992 a 2002, conforme mostra a Figura 13.

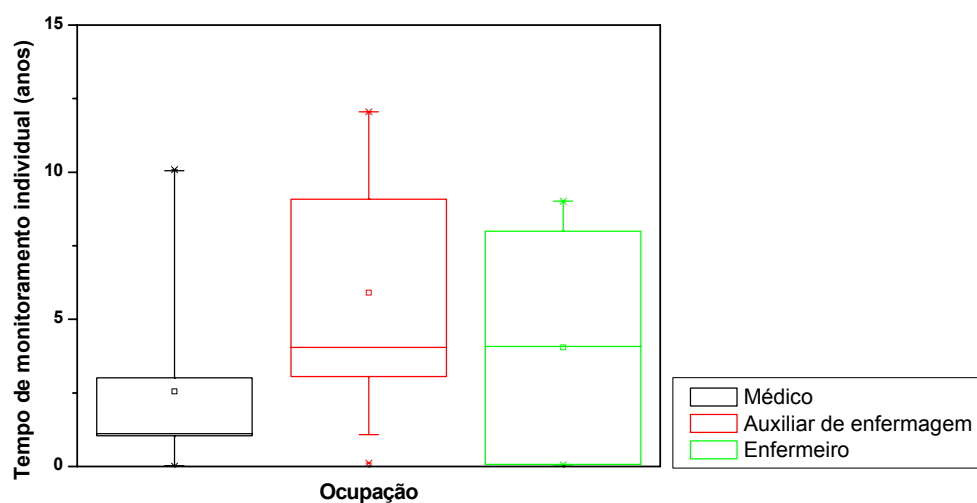


FIGURA 13 – Desenho esquemático do tempo de monitoramento individual em função das ocupações especializadas do laboratório de hemodinâmica do hospital B, no período de 1992 a 2002. A média e a mediana estão representadas pelo símbolo quadrado e pelo traço horizontal respectivamente, no interior do retângulo. O bigode inferior representa o 1º quartil (25% dos valores menores), o retângulo representa o 2º quartil (50% dos valores centrais) e o bigode superior o 3º quartil (25% dos valores maiores) Os símbolos traço nas pontas dos bigodes e o asterisco representam os limites máximos e mínimos, e os pontos dispersos respectivamente.

Analisando as Figuras 2, 10, 12 e 13, verifica-se que a ocupação de médico do hospital A teve um tempo médio de monitoramento maior (6 anos aproximadamente) e doses anuais mais baixas em relação a ocupação de médico

do hospital B, que teve um tempo médio de monitoramento de 2 anos e meio e doses mais altas. As ocupações de auxiliar de enfermagem e enfermeiros do hospital B, também apresentaram um tempo médio de monitoramento individual menor do as mesmas ocupações especializadas do hospital A.

### 5.5.3 Em função da variável idade do Hospital A

Dentre as ocupações especializadas do serviço de hemodinâmica do hospital A, observa-se que os médicos apresentaram uma idade média de 44 anos, os médicos residentes de 37 anos e os estagiários de nível superior de 33 anos. A ocupação classificada como outro foi a que apresentou uma média de idade (51 anos) maior que as demais ocupações no período de 1991 a 2000, conforme mostra a Figura 14.

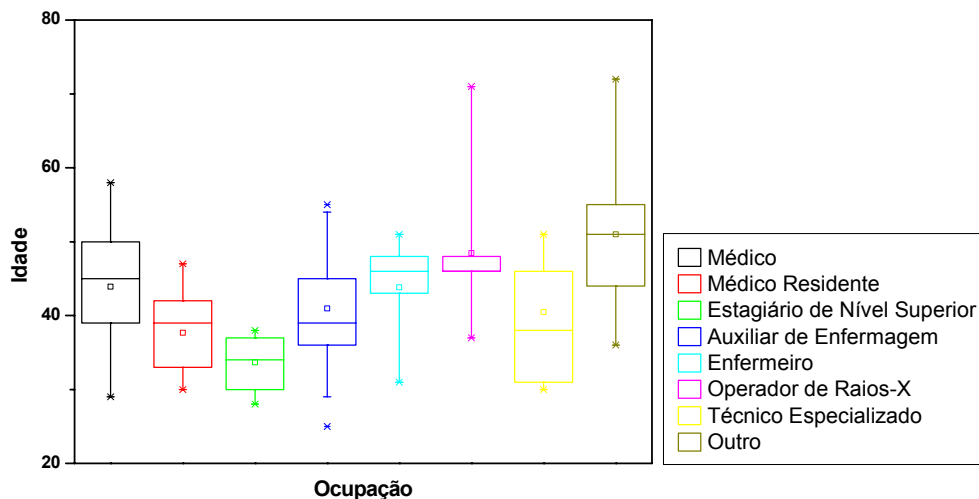


FIGURA 14 – Desenho esquemático das idades segundo a ocupação dos profissionais do laboratório de hemodinâmica do hospital A, no período de 1991 a 2000. A média e a mediana estão representadas pelo símbolo quadrado e pelo traço horizontal respectivamente, no interior do retângulo. O bigode inferior representa o 1º quartil (25% dos valores menores), o retângulo representa o 2º quartil (50% dos valores centrais) e o bigode superior o 3º quartil (25% dos valores maiores). Os símbolos traço nas pontas dos bigodes e o asterisco representam os limites máximo e mínimo, e os pontos dispersos respectivamente.

### 5.5.4 Em função da variável idade do Hospital B

Dentre as ocupações especializadas do serviço de hemodinâmica do hospital B, observa-se que os médicos, enfermeiros e auxiliares de enfermagem apresentaram idades médias próximas, em torno de 37 anos, no período de 1992 a 2002, conforme mostra a Figura 15.

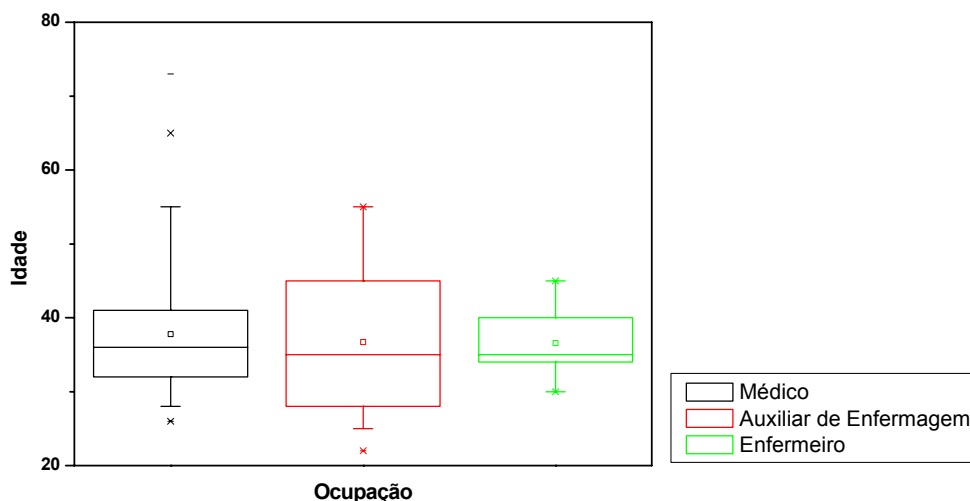


FIGURA 15 – Desenho esquemático das idades segundo as ocupações especializadas do serviço de hemodinâmica do hospital B, no período de 1992 a 2002. A média e a mediana estão representadas pelo símbolo quadrado e pelo traço horizontal respectivamente, no interior do retângulo. O bigode inferior representa o 1º quartil (25% dos valores menores), o retângulo representa o 2º quartil (50% dos valores centrais) e o bigode superior o 3º quartil (25% dos valores maiores). Os símbolos traço nas pontas dos bigodes e o asterisco representam os limites máximos e mínimos, e os pontos dispersos respectivamente.

Analisando as Figuras 14 e 15, verifica-se que os médicos, enfermeiros e auxiliares de enfermagem do hospital A apresentaram médias de idade maiores do que os médicos, enfermeiros e auxiliares de enfermagem do hospital B. Verifica-se que médicos do hospital B apresentaram uma idade média similar à dos médicos residentes do hospital A que estão em fase de treinamento.

### 5.5.5 Em função da variável sexo do Hospital A

Dentre as ocupações especializadas que executam os procedimentos de hemodinâmica (médico, médico residente e estagiário de nível superior), verifica-se que 87 % são do sexo masculino. Quanto aos profissionais que atuam em ocupações auxiliares (enfermeiros e auxiliares de enfermagem) 66% são do

sexo feminino; e 76% das demais ocupações (técnicos especializados e operadores de raios-X) são do sexo masculino, conforme mostra a Figura 16.

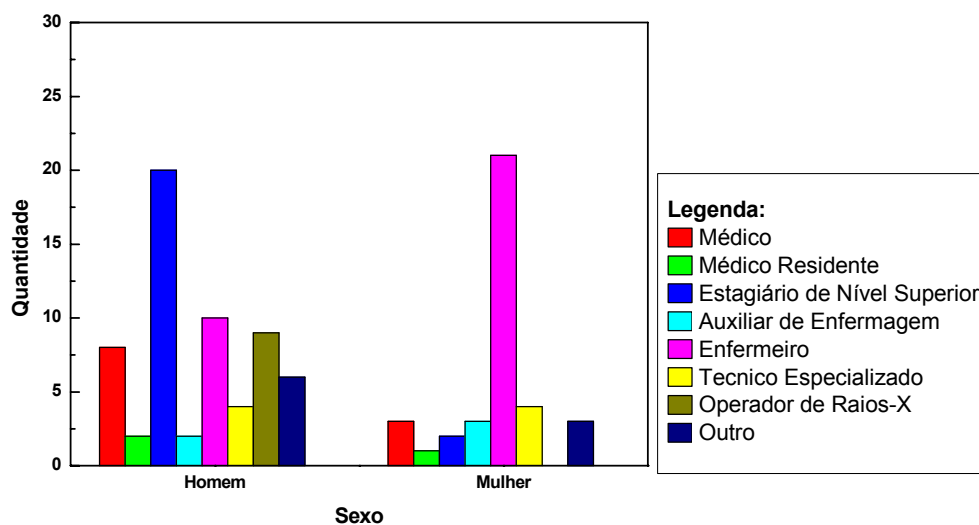


FIGURA 16 - Distribuição do número de profissionais do laboratório de hemodinâmica do hospital A em função da variável sexo, no período de 1991 a 2000.

### 5.5.6 Em função da variável sexo do Hospital B

Dentre as ocupações especializadas que executam os procedimentos de hemodinâmica, verifica-se que 90 % dos médicos são do sexo masculino. Quanto aos profissionais que atuam em ocupações auxiliares, enfermeiros e auxiliares de enfermagem, observa-se que 54% e 100%, respectivamente, são do sexo feminino, conforme mostra a Figura 17.

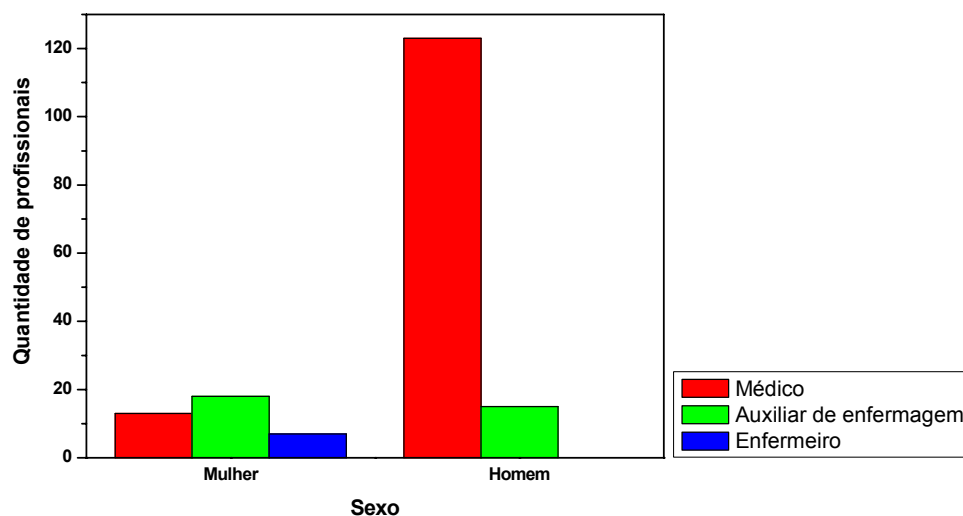


FIGURA 17 - Distribuição da quantidade de profissionais do serviço de hemodinâmica do hospital B em função da variável sexo, no período de 1992 a 2002.

Comparando as Figuras 16 e 17, observa-se que, tanto no hospital A como no hospital B, há uma predominância do sexo masculino dentre as ocupações que realizam os procedimentos de hemodinâmica (médicos, médicos residentes e estagiários de nível superior). Dentre as ocupações especializadas que auxiliam os médicos (auxiliares de enfermagem e enfermeiros), a maioria é do sexo feminino.

Analisando as doses anuais e os dados das variáveis tempo de monitoramento individual, idade e sexo dos profissionais que integram as equipes médicas dos serviços de hemodinâmica dos hospitais A e B, nota-se que cuidados especiais devem ser observados com relação aos possíveis problemas hereditários a seus descendentes, e apesar de se apresentarem em menor número entre os médicos, médicos residentes e estagiários, as profissionais do sexo feminino que estiverem grávidas ou em fase de reprodução devem se preocupar com os riscos genéticos e riscos ao feto durante a gravidez.

## 6 CONCLUSÃO

Os registros de doses anuais para ocupações especializadas similares variaram de um hospital para outro.

A redução do limite de dose anual de 50mSv para 20mSv na área de radiodiagnóstico médico, ocorrida com a publicação da Portaria 453/98 da SVS, fez com que os profissionais dos serviços de hemodinâmica dos dois hospitais apresentassem níveis de doses anuais mais próximos ao limite atual estabelecido.

A implementação de um sistema de monitoramento individual externo rotineiro mais eficaz, abrangendo as doses equivalentes de extremidades e cristalino, pode fornecer uma estimativa mais real da dose recebida pelos profissionais dos serviços de hemodinâmica.

Mecanismos mais eficientes para o controle das doses recebidas pelos profissionais que desempenham atividades com radiação ionizante em mais de um estabelecimento devem ser criados pelos órgãos reguladores, uma vez que os responsáveis pelos hospitais A e B e os supervisores de proteção radiológica não atendem ao disposto em lei.

O estabelecimento de guias de doses vinculadas aos profissionais dos laboratórios de cateterismo cardíaco em função da fonte de raios-X são estudos adicionais que podem ser desenvolvidos nesta área e complementam as práticas de otimização abordadas nesta dissertação.

As informações contidas neste trabalho, principalmente aquelas que abordam aspectos sobre medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes, podem ser extrapoladas a outros serviços de hemodinâmica que não foram objeto deste estudo, pois certamente poderão contribuir com a melhoria das condições de trabalhos nos laboratório de cateterismo cardíaco.

## ANEXO I

<b>Questionário sobre Medidas de Controle da Exposição Ocupacional às Radiações Ionizantes adotadas no Serviço de Hemodinâmica</b>				
<b>Identificação da Instituição: <i>Hospital A</i></b>				
<b><i>I – Responsabilidade da direção do hospital:</i></b>			<b><i>SIM</i></b>	<b><i>NÃO</i></b>
01	Existe um comprometimento do hospital com o gerenciamento da segurança e aplicação do ALARA?			✓
<b><i>II – Medidas de controle adotadas pela proteção radiológica do hospital</i></b>			<b><i>SIM</i></b>	<b><i>NÃO</i></b>
02	Realiza implementação da garantia da qualidade?	✓		
03	Faz inspeção periódica e teste da unidade de raios-X?	✓		
04	Faz inspeção periódica das barreiras de chumbo?	✓		
05	Realiza levantamento radiométrico das barreiras de proteção?	✓		
06	Faz medição da radiação de fuga dos tubos de raios-X?	✓		
07	Em caso de resultados mensais de dose acima de 3/10 do limite anual, comunica à autoridade sanitária local junto com o relatório das providências tomadas?			✓
08	Faz assentamento e revisão das doses?	✓		
09	Faz a troca mensal dos dosímetros?	✓		
10	Correlaciona a leitura dos dosímetros com o registro do tempo da fluoroscopia e da cine por cada exame?			✓
11	Realiza treinamento para a equipe médica?	✓		
12	Realiza treinamento separado por ocupação especializada que compõem a equipe de hemodinâmica?			✓
13	Os treinamentos são realizados anualmente?	✓		
14	Faz controle das doses dos indivíduos que trabalham em mais de um serviço de radiodiagnóstico?			✓
<b><i>III – Medidas de controle existentes nos laboratórios de cateterismo cardíaco</i></b>			<b><i>SIM</i></b>	<b><i>NÃO</i></b>
15	Os comandos dos equipamentos de hemodinâmica ficam fora da sala de exames?	✓		
16	Tem sinalização luminosa vermelha quando o equipamento de raios-X está funcionando?	✓		
17	Sistema de proteção que cessa a produção de raios-X quando alguém entra no laboratório durante o procedimento?	✓		



<b>IV - Medidas de controle existentes nos equipamentos de hemodinâmica:</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
18	Tem fluoroscopia progressiva pulsada?	✓	
19	Tem filtros adicionais de cobre?		✓
20	Tem sistema digital para cine?	✓	
21	Tem sistema de congelamento da última imagem?	✓	
22	Tem sistema de colimação do feixe primário?	✓	
23	Tem diafragma ajustável?	✓	
24	Tem medidor de dose no paciente?		✓
25	Tem medidor de taxa de exposição sobre a mesa do paciente para certificar mudanças nos picos de quilovoltagem e miliamperagem?		✓
26	Tem equipamentos de proteção coletiva como cortina ou saíote plumbífero na parte inferior e superior do equipamento?	✓	
27	Tem gravador de vídeo tape para exames repetidos?	✓	
28	Tem intensificador de imagem?	✓	
<b>IV - Medidas de controle adotadas pelos médicos durante os procedimentos:</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
29	Procura minimizar a exposição paciente?	✓	
30	Limita o número e o comprimento da série (frames/s)?	✓	
31	Reduz o tempo da fluoroscopia?	✓	
32	Usa a colimação própria do feixe primário?	✓	
33	Utiliza a proteção coletiva apropriada do equipamento?		✓
34	Mantêm o corpo distante do feixe primário durante o procedimento?	✓	
35	Mantêm as mãos distantes do feixe primário durante o procedimento?	✓	
36	Mantêm a fonte distante do paciente tanto quanto praticável (> 50 cm)?	✓	
37	Seleciona a quilovoltagem mais alta para obter o contraste necessário?		
38	Tem conhecimento básico da física das radiações e segurança do uso apropriado do equipamento?	✓	

<b>V - Equipamentos de Proteção Individual</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
39	Usam Avental Plumbífero?	✓	
40	O avental cobre a parte da frente e das costas do usuário?	✓	
41	O avental tem ajuste apropriado de maneira a minimizar aberturas dos braços, a cobrir o torso inteiro até abaixo do joelho?	✓	
42	Usam protetor de tiróide?	✓	
43	Usam óculos plumbífero?	✓	
44	Usam luvas plumbífero?		✓
<b>VI - Sistema de Monitoramento Individual</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
45	Usam dosímetros?	✓	
46	Usa dosímetro na região do tronco sob o avental plumbífero?		✓
47	Usa dosímetro na região do tronco sobre o avental plumbífero?	✓	
48	Usa dosímetro na região da cintura sob o avental plumbífero?		✓
49	Usa dosímetro na região do colarinho sobre o avental plumbífero?		✓
50	Usa dosímetro de extremidade (pulseira)?		✓
51	Usa dosímetro de extremidade (anel)?		✓
52	Usa dosímetro na região da testa?		✓
<b>VII - Treinamento</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
<i>Os tópicos relacionados abaixo são abordados durante os treinamentos:</i>			
53	Geração de raios-X?		✓
54	Fluoroscopia, fluorografia e imagem digital?		✓
55	Técnicas de fluoroscopia mais eficientes?		✓
56	Conceitos de dosimetria?	✓	
57	Efeitos biológicos das radiações?	✓	
58	Proteção radiológica?	✓	
59	Legislação?	✓	

**RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES: Supervisor de proteção radiológica e um médico cardiologista do serviço de hemodinâmica**

## ANEXO II

**Questionário sobre Medidas de Controle da Exposição Ocupacional às Radiações Ionizantes adotadas no Serviço de Hemodinâmica**

Identificação da Instituição: *Hospital B*

<b><i>I – Responsabilidade da direção do hospital:</i></b>		<b><i>SIM</i></b>	<b><i>NÃO</i></b>
1	Existe um comprometimento do hospital com o gerenciamento da segurança e aplicação do ALARA?		
<b><i>II – Medidas de controle adotadas pela proteção radiológica do hospital</i></b>		<b><i>SIM</i></b>	<b><i>NÃO</i></b>
2	Realiza implementação da garantia da qualidade?		✓
3	Faz inspeção periódica e teste da unidade de raios-X?	✓	
4	Faz inspeção periódica das barreiras de chumbo?	✓	
5	Realiza levantamento radiométrico das barreiras de proteção?	✓	
6	Faz medição da radiação de fuga dos tubos de raios-X?	✓	
7	Em caso de resultados mensais de dose acima de 3/10 do limite anual, comunica à autoridade sanitária local junto com o relatório das providências tomadas?		✓
8	Faz assentamento e revisão das doses?	✓	
9	Faz a troca mensal dos dosímetros?	✓	
10	Correlaciona a leitura dos dosímetros com o registro do tempo da fluoroscopia e da cine por cada exame?		✓
11	Realiza treinamento para a equipe médica?	✓	
12	Realiza treinamento separado por ocupação especializada que compõem a equipe de hemodinâmica?	✓	
13	Os treinamentos são realizados anualmente?	✓	
14	Faz controle das doses dos indivíduos que trabalham em mais de um serviço de radiodiagnóstico?		✓
<b><i>III – Medidas de controle existentes nos laboratórios de cateterismo cardíaco</i></b>		<b><i>SIM</i></b>	<b><i>NÃO</i></b>
15	Os comandos dos equipamentos de hemodinâmica ficam fora da sala de exames?	✓	
16	Tem sinalização luminosa vermelha quando o equipamento de raios-X está funcionando?	✓	
17	Sistema de proteção que cessa a produção de raios-X quando alguém entra no laboratório durante o procedimento?		✓

<b>IV - Medidas de controle existentes nos equipamentos de hemodinâmica:</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
18	Tem fluoroscopia progressiva pulsada?	✓	
19	Tem filtros adicionais de cobre?	✓	✓
20	Tem sistema digital para cine?	✓	
21	Tem sistema de congelamento da última imagem?	✓	
22	Tem sistema de colimação do feixe primário?	✓	
23	Tem diafragma ajustável?	✓	
24	Tem medidor de dose no paciente?		✓
25	Tem medidor de taxa de exposição sobre a mesa do paciente para certificar mudanças nos picos de quilovoltagem e miliamperagem?	✓	✓
26	Tem equipamentos de proteção coletiva como cortina ou saíote plumbífero na parte inferior e superior do equipamento?	✓	
27	Tem gravador de vídeo tape para exames repetidos?		
28	Tem intensificador de imagem?	✓	
<b>IV - Medidas de controle adotadas pelos médicos durante os procedimentos:</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
29	Procura minimizar a exposição paciente?	✓	
30	Limita o número e o comprimento da série (frames/s)?	✓	
31	Reduz o tempo da fluoroscopia?	✓	
32	Usa a colimação própria do feixe primário?	✓	
33	Utiliza a proteção coletiva apropriada do equipamento?	✓	✓
34	Mantêm o corpo distante do feixe primário durante o procedimento?	✓	
35	Mantêm as mãos distantes do feixe primário durante o procedimento?	✓	
36	Mantêm a fonte distante do paciente tanto quanto praticável (> 50 cm)?		
37	Seleciona a quilovoltagem mais alta para obter o contraste necessário?		
38	Tem conhecimento básico da física das radiações e segurança do uso apropriado do equipamento?	✓	

<b>V - Equipamentos de Proteção Individual</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
39	Usam Avental Plumbífero?	✓	
40	O avental cobre a parte da frente e das costas do usuário?	✓	✓
41	O avental tem ajuste apropriado de maneira a minimizar aberturas dos braços, a cobrir o torso inteiro até abaixo do joelho?	✓	
42	Usam protetor de tiróide?	✓	
43	Usam óculos plumbífero?	✓	
44	Usam luvas plumbífero?		✓
<b>VI - Sistema de Monitoramento Individual</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
45	Usam dosímetros?	✓	
46	Usa dosímetro na região do tronco sob o avental plumbífero?		✓
47	Usa dosímetro na região do tronco sobre o avental plumbífero?	✓	
48	Usa dosímetro na região da cintura sob o avental plumbífero?		✓
49	Usa dosímetro na região do colarinho sobre o avental plumbífero?		✓
50	Usa dosímetro de extremidade (pulseira)?		✓
51	Usa dosímetro de extremidade (anel)?		✓
52	Usa dosímetro na região da testa?		✓
<b>VII - Treinamento</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
<i>Os tópicos relacionados abaixo são abordados durante os treinamentos:</i>			
53	Geração de raios-X?	✓	
54	Fluoroscopia, fluorografia e imagem digital?		✓
55	Técnicas de fluoroscopia mais eficientes?	✓	
56	Conceitos de dosimetria?	✓	
57	Efeitos biológicos das radiações?	✓	
58	Proteção radiológica?	✓	
59	Legislação?	✓	

**RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES: Supervisor de proteção radiológica**

## ANEXO III

### Grandezas dosimétricas

Os conceitos dosimétricos e as definições das grandezas de doses para uso da proteção radiológica foram definidos pela International Commission on Radiological Protection (ICRP, 1991) e pela International Commission on Radiation Units and Measurements<sup>5</sup> (ICRU, 1993).

- **Dose absorvida**

A dose absorvida,  $D$ , é uma grandeza física básica de interesse particular da proteção radiológica, e é definida pela relação:

$$D = \frac{d\bar{E}}{dm}$$

onde  $d\bar{E}$  é a energia média depositada pela radiação ionizante no elemento de massa  $dm$ . A dose absorvida é definida em termos de um ponto específico, mas para o ICRP (1991) significa a dose média absorvida em um tecido ou órgão. A unidade de dose absorvida no Sistema Internacional (SI) é o joule por quilograma (J/kg) e recebe também o nome especial de Gray (Gy).

- **Dose equivalente**

A dose equivalente no tecido ou órgão,  $H_t$ , é uma grandeza física de proteção radiológica usada como base para limitação da dose, e é definida pela relação:

$$H_t = \sum_R w_R D_{TR}$$

---

<sup>5</sup> International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) – foi estabelecido em 1925 pelo Congresso Internacional de Radiologia, e tem como objetivo principal o desenvolvimento de recomendações internacionalmente aceitáveis sobre conceitos dosimétricos e definições das grandezas de doses para proteção radiológica.

onde  $D_{TR}$  é a dose absorvida média no tecido ou órgão  $T$ , para uma radiação  $R$ , e  $W_R$  é o fator de peso da radiação. A unidade de dose equivalente no SI é o joule por quilograma, e recebe também o nome especial de Sievert (Sv).

Os fatores de peso da radiação  $W_R$  apresentados a seguir na tabela 3 para um determinado tipo e energia da radiação, foram selecionados pelo ICRP (1991) para representar os valores da Eficácia Biológica Relativa (RBE) da radiação na indução de efeitos biológicos para doses baixas. Tais fatores independem do tecido ou órgão irradiados (ICRP, 1991).

TABELA 3 - Fatores de peso de radiação <sup>1</sup>

Tipo e faixa de energia	Fator de peso da radiação, $W_R$
Fótons de todas energias	1
Elétrons e muons, todas energias	1
Nêutrons, energia <10 keV	5
de 10 keV a 100 keV	10
> 100 keV a 2 MeV	20
> 2 MeV a 20 MeV	10
>20 MeV	5
Prótons, energia > 2 MeV	5
Partícula alfa, fragmentos de fissão e núcleos pesados	20

Fonte: ICRP (1991).

<sup>1</sup> Os valores de  $W_R$  são relacionados à radiação externa incidente sobre o corpo ou à emitida por fontes internas depositadas no corpo.

- **Dose efetiva**

A dose efetiva,  $E$ , é uma grandeza física de proteção radiológica usada como base para limitação da dose, e é a soma das doses equivalentes em todos os tecidos e órgãos do corpo, dada pela expressão:

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

onde  $H_T$  é a dose equivalente no tecido ou órgão e  $w_T$  é o fator de peso do tecido. A unidade da dose efetiva no SI é o joule por quilograma (J/kg) e recebe o nome especial de Sievert (Sv).

Para que uma dose equivalente uniforme em todo o corpo seja numericamente igual à dose efetiva, normaliza-se o somatório dos fatores de peso do tecido para o valor unitário.

Os fatores de peso do tecido ou órgão, que são independentes do tipo e energia de radiação incidente, são apresentados na tabela 4.

TABELA 4 - Fatores de peso do tecido

Tecido ou órgão	$w_T$
Gônadas	0,20
Medula óssea	0,12
Colón	0,12
Pulmão	0,12
Estomago	0,12
Bexiga	0,05
Mama	0,05
Fígado	0,05
Esôfago	0,05
Tireóide	0,05
Pele	0,01
Superfície óssea	0,01
Restante*	0,05

Fonte: ICRP (1991).

\* Para fins de cálculo, o restante do corpo é composto por: glândulas supra-renais, cérebro, intestino grosso, intestino delgado, rins, pâncreas, baço, timo e útero.



As grandezas dose equivalente e a dose efetiva são usadas pelo ICRP (1991) na proteção radiológica, e têm por base estimar a probabilidade de efeitos estocásticos somente para doses absorvidas abaixo dos limites para efeitos determinísticos.

- **Exposição**

Considerada como a grandeza física mais antiga usada em proteção radiológica, exposição ( $X$ ) é definida pela relação:

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

onde  $dQ$  é o valor absoluto da carga total dos íons de um mesmo sinal, produzidos no ar quando todos os elétrons liberados pelos fótons no ar de massa  $dm$  são completamente freados no ar. A unidade de exposição no sistema internacional é o Coulomb por quilograma ( $C.kg^{-1}$ ), e recebia o nome na unidade antiga de Roentgen (R). Além dos valores integrais da grandeza exposição, emprega-se a grandeza taxa de exposição, que é a exposição por unidade de tempo ( $C.kg^{-1}.s^{-1}$  ou  $R.h^{-1}$ ) (ICRU, 1998).

## GLOSSÁRIO

**Angiocardiografia** – radiografia do coração e grandes vasos, em seguida à injeção intravenosa de uma solução radiopaca (Davis, 2001).

**Angiografia** – radiografia dos vasos após injeção de um líquido opaco aos raios X (Davis, 2001).

**Angioplastia** – alteração da estrutura de um vaso, seja por procedimento cirúrgico, seja pela dilatação do vaso por meio de um balão no interior do lúmen. Operação destinada a reparar um vaso: sutura, desobstrução, alargamento com auxílio de uma peça intermediária (Davis, 2001).

**Angioplastia Coronária Transluminal Percutânea** - é uma técnica não cirúrgica para desobstrução de artérias coronárias em casos selecionados (Davis, 2001)

**Área controlada** – área sujeita a regras especiais de proteção e segurança com a finalidade de controlar as exposições normais e evitar exposições não autorizadas ou acidentais (Brasil, 1998).

**Artérias** – são vasos que transportam o sangue do coração para os tecidos do organismo, membros e órgãos internos (Davis, 2001).

**Camada semi-redutora** – espessura de um material especificado que, introduzido no feixe de raios-X reduz a taxa de kerma no ar à metade (Brasil, 1998).

**Cateter** – tubo introduzido pelo corpo para a evacuação ou injeção de líquidos nas cavidades corporais. Confeccionado em material elástico, rede elástica, borracha, vidro, metal ou plástico (Davis, 2001).

**Cineangiocoronariografia** - registro fotográfico contínuo de vasos sanguíneos pelo uso da fluoroscopia. Um agente radiopaco é injetado antes do estudo (Davis, 2001).

**Cinefluorografia** – registro filmado de imagem produzida pelo exame fluoroscópico (Davis, 2001).

**Colimador** – dispositivo ou mecanismo utilizado para limitar o campo de radiação (Brasil,1998).

**Débito cardíaco** – volume de sangue bombeado para o sistema arterial por unidade de tempo (Davis, 2001).

**Dosimetria citogenética** – avaliação de dose absorvida através de contagem da frequência de cromossomas discêntricos em cultura de linfócitos do indivíduo irradiado (Brasil,1998).

**Dosímetro individual** – dispositivo usado junto a partes do corpo de um indivíduo, de acordo com regras específicas, com o objetivo de avaliar a dose efetiva ou a dose equivalente acumulada em um dado período (Brasil,1998).

**Eletrocardiograma** – um registro da atividade elétrica do coração (Davis, 2001) .

**Escopia** – forma combinante significando um instrumento ou aparelho para visualização ou exame (Davis, 2001).

**Exposição ocupacional** – exposição de um indivíduo em decorrência de seu trabalho em práticas autorizadas (Brasil, 1998).

**Feixe primário** – feixe de radiação que passa através da abertura do colimador e que é usado para formação da imagem radiográfica (Brasil, 1998).

**Filtração** – material no feixe primário que absorve preferencialmente a radiação menos penetrante (Brasil, 1998).

**Fluoroscopia** – uso do fluoroscópio para o diagnóstico ou para testar materiais variados por raios-X (Davis, 2001).

**Fluoroscópio** – aparelho constituído de uma tela fluorescente adequadamente montada, em separado ou conjuntamente com um tubo radiográfico, por meio do qual torna-se-ão visíveis as sombras de objetos interpostos entre o tubo e a tela (Davis, 2001).

**Guias de doses vinculadas** – são expressões da política gerencial dirigidas aos empregados (incluindo projetistas de equipamentos e instalações). Eles são geralmente expressos como doses anuais abaixo das quais a gerência deseja operar. Eles não são limites nem alvos e devem ser suplementados por um requisito superior de fazer o melhor sempre que seja razoavelmente exeqüível (Brasil, 1998).

**Hemodinâmica** – estudo das leis que regem o fluxo e o débito do sangue nos vasos. (Davis, 2001).

**Limites de dose individual ou limites de dose** – são valores estabelecidos para a exposição ocupacional e exposição do público, de modo que uma exposição continuada acima do limite de dose resultaria em um risco adicional que poderia ser considerado inaceitável em circunstâncias normais (Brasil, 1998)).

**Monitoramento individual externo** – monitoramento por meio de dosímetros individuais colocados sobre o corpo do indivíduo para fins de controle das exposições ocupacionais (Brasil, 1998).

**Levantamento radiométrico ou monitoramento de área** – avaliação dos níveis de radiação nas áreas de uma instalação. Os resultados devem ser expressos para as condições de carga de trabalho máxima semanal (Brasil, 1998).

**Níveis de investigação** – valores estabelecidos pelo titular que, se excedidos, demanda-se uma investigação local (Brasil, 1998).

**Nível de registro** – valor de dose obtido em um programa de monitoramento, com significância acima do qual justifica-se o seu assentamento. Estabelecido pelo titular da instalação e/ou autoridade nacional e aplica-se principalmente à exposição ocupacional com particular referência à monitoração de indivíduos e dos locais de trabalho (Brasil, 1998).

**Oximetria** – método usado para medir o grau de saturação da hemoglobina, com base na diferença de absorção da luz vermelha pela oxihemoglobina e pela hemoglobina reduzida. (Rey, 1999)

**Prática** – qualquer atividade humana que implique ou possa potencialmente implicar em exposições de pessoas à radiação ionizante (Brasil, 1998).

**Procedimento** – utilização intervencionista dos raios-X diagnósticos (Brasil, 1998).

**Proteção radiológica** – conjunto de medidas que visam proteger o homem, seus descendentes e seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados pela radiação (Brasil, 1998).

**Radiação ionizante, ou simplesmente radiação** – para fins de proteção radiológica, qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria biológica, ioniza seus átomos ou moléculas (Brasil, 1998).

**Radiação de fuga** – radiação que consegue atravessar o cabeçote e/ou sistema de colimação, não pertencente ao feixe primário (Brasil, 1998).

**Radiologia** – ramo da medicina envolvida com substâncias radioativas, inclusive raios-X, isótopos, radioativos e radiação ionizante e a aplicação dessa informação para a prevenção, diagnóstico e tratamento da doença (Davis, 2001).

**Radiodiagnóstico** – diagnóstico feito mediante uso de equipamento de raios X (Rey, 1999).

**Veias** – vasos que transportam o sangue para o coração depois de ter circulado pelo organismo (Davis, 2001).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRIDGE H.E., CHISHOLM R.J., DRAGATAKIS L., ROY L. Radiation safety in the cardiac catheterization laboratory. *Canadian Journal Cardiology*, v. 13, n. 5, p. 459 - 466, 1997.

ARDRAN G.M., FURSDON P.S. Radiation exposure to personnel during cardiac catheterization. *Radiology*, n.106, p. 517 - 518, 1973.

BAN N., KUSAMA T., ADACHI A., YAMADA Y., MAEDA T., HAMADA T., YAMAUCHI T., MURAKAMI Y., HARUTA R., KUBO T., MORI H., NAKAOKA H. Development of a real-time extremity dose monitor for personnel in interventional radiology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION, May 14 - 19, 2000. Hiroshima. *Proceedings of 10<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association*. Hiroshima:IRPA, 2000.

BASHORE T.M., BATES E.R., BEGER P.B., CLARK D.A., CUSMA T.J., MORTON J.K., LASKEY W.K., O'LAUGHLIN M.P., OESTERLE S., POPMA J.J. American College of Cardiology/Society for cardiac angiography and interventions clinical expert consensus document in cardiac catheterization laboratory standards. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 37, n. 8, p. 2170 - 2214, 2001.

BOER A. FEYTER P.J., HUMMEL W.A., KEANE D., ROELANDT J.R.T.C. Reduction of radiation exposure while maintaining high-quality fluoroscopic images during interventional cardiology using novel X-ray tube technology with extra beam filtering. *Circulation*, v. 89, n. 6, p. 2710 - 2714, 1994.

BRINKER J.A., BLOCK P.C., BONCHEK I.L., BRUNDAGE H.B., CARABELLO B., HOLMES D. R., JOHNSON W.L., KLINKE P.W., LEVIN D.L., MULLINS C.E., NISSEN S.E., TOPOL E.J., VOGEL J.H.K. Use of radiographic devices by cardiologists. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 25, n. 7, p. 1738 - 1739, 1995.

BUSSAB O. W., MORETTIN A.P. *Estatística Básica*. 5. ed. São Paulo, S.P.:Saraiva, 2003.

Brasil. Portaria 453, de 01 de junho de 1998. Estabelece as diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 7-16, 02/06/1998. Seção 1

Cardoso C.R., Cardoso C.O. Utilização adequada dos raios-x. SBCHI, 2001. Disponível em: <<http://sbhci.com.br/raiox.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2001.

CENIC from São Paulo: banco de dados. Disponível em: <[www.sbchi.com.br/docs/apre/CENIC%20arquivos/frame.htm](http://www.sbchi.com.br/docs/apre/CENIC%20arquivos/frame.htm)> Acesso em 22 set. 2003.

CNEN NE – 3.01. **Diretrizes Básicas de Radioproteção**. Rio de Janeiro: DOU, ago. 1988, 121 p.

DAVIS F.A. **Dicionário Médico Enciclopédico TABER**. 17ª Ed. São Paulo: Manole, 2001.

DREXLER G., PANZER W. Occupational exposure in X-rays diagnosis. **Radiation Protection Dosimetry**, v.32, n. 3, p. 163 - 170, 1990.

FAULKNER K., MARSHALL N. W. The relationship of effective dose to personnel and monitor reading for simulated fluoroscopic irradiation conditions. **Health Physics**, v. 64, n. 5, p. 502 - 507, 1993.

FAULKNER K. Radiation protection in interventional radiology. **The British of Radiology**, v.70, p. 325 - 326, 1997.

FAULKNER K.; VAÑO, E.; ORTIZ, P.; RUIZ, R. Practical aspects of radiation in interventional radiology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION, May 14 -19, 2000, Hiroshima. **Proceedings of 10<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association**. Hiroshima:IRPA, 2000.

FELMEE J. P., McGOUGH P.F., MORIN R.L., CLASSIC K.L. Hand dose measurements in interventional radiology. **Health Physics**, v. 60, n. 2, p. 265 - 267, 1991.

GEISE A. R., O'DEA J, T. Radiation dose in interventional fluoroscopic procedures. **Applied Radiation and Isotopes**. Pergamon. v. 50, p. 173 – 184, 1999.

GERTZ E.W., WISNESKI A. J., GOULD G. R., AKIN J.R. Improved radiation protection for physicians performing cardiac catheterization. **The American Journal of Cardiology**, v. 50, p. 1283 - 1286, 1982.

GOTTSCHAL C. A. M. **Cardiologia Cirurgica – Perspectivas para o ano 2000**. Fundo Editorial BYK, 1994. cap. 13, Interpretação e valorização do exame hemodinâmico. p. 201-224.

GUSTAFSSON M., LUNDETQUIST A. Personnel exposure to radiation at some angiographic procedures. **Radiology**, v.140, n. 3, p. 807 - 811, 1981.

ICRU. **Quantities and units in radiation protection dosimetry**. Maryland: ICRU, v.51, 1993. 19p.

ICRU. **Fundamental quantities and units for ionizing radiation**. Maryland: ICRU, v. 60, dec. 1998. 24p.

ICRP. **Recommendations of the international commission on radiological protection**. Oxford Pergamon Press, v. 60, 1991. 201 p.



ICRP. **Radiological protections and safety in medicine**. Oxford Pergamon Press, v.73, 1996. 47 p.

ICRP. **General principles for radiation protection of workers**. Oxford Pergamon Press, v.75, 1997. 61p.

JANKOWSKI J., CHRUSCIELEWSKI W., OLSZEWSKI J., CYGAN M. System for personal dosimetry in interventional radiology. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 101, n. 1 - 4, p. 221 - 224, 2002.

JEANS S.P., FAULKNER K. An investigation of the radiation dose to staff during cardiac radiological studies. **The British Journal of Radiology**, v. 58, p. 419 - 428, 1985.

JOHNSON D. R., KIRIOU J., MORTON J.E., CLIFTON A., FITZGERALD M., MACSWEENEY E. Radiation protection in interventional radiology. **Clinical Radiology**, v. 56, p. 99 - 106, 2001.

KARPPINEN J., PARVIAINEN T., SERVOMAA A., KOMPPA T. Radiation risk and exposure of radiologists and patients during coronary angiography and percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA). **Radiation Protection Dosimetry**, v. 57, n. 1 - 4, p. 481 - 485, 1995.

KOSNIK L.T. Personnel exposure in the cardiac catheterization laboratory. **Health Physics**, v. 50, n.1, p. 144 - 147, 1986.

KOTTOU S., NEOFOTISTOU V., TSAPAKI V., LOBOTESSI H., MANETOU A., MOLFETAS M.G. Personnel doses in haemodynamic units in Greece. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 94, n. 1 - 2, p. 121-124, 2001.

LI I. B., KAI M., TAKANO K., IKEDA K., MATSUURA M., KUSANA T. Occupational exposure in pediatric cardiac catheterization. **Health Physics**, v. 69, n. 2, p. 261 - 264, 1995.

LIMA F.R.A, KHOURY H. J., HANZIN C.A., LUZ L.P. Doses to the operating staff during interventional cardiology procedures. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION, May 14 - 19, 2000, Hiroshima. **Proceedings of 10<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association**. Hiroshima:IRPA, 2000.

LIMACHER M. C., DOUGLAS S.P., GERMANO G., LASKEY K. W., LINDSAY D.B., MCKETTY M., MOORE E. M., PARKY J.K., PRIGENT M. F., WALSH N. M. Radiation safety in practice of cardiology. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 31, n. 4, p. 892 - 913, 1998.

MALSKY S. J., ROSWIT B., REID. C.B., HAFT J. Radiation exposure to personnel during cardiac catheterization. **Radiology**, v.100, p. 671 - 674, 1971.

MCKETTY. M.H. Study of radiation doses to personnel in a cardiac catheterization laboratory. **Health Physics**, v. 70, n. 4, p. 563 - 567, 1995.

McPARLAND B.J., NOSIL J., BURRY B. a survey of the radiation exposures received by the staff at two cardiac catheterization laboratories. *The British Journal of Radiology*, v. 63, p. 885-888, 1990.

NAKAMURA H., NARUMI Y., MURAKAMI T., JOHKOU T. Radiological Protection in Interventional Radiology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION, May 14 -19, 2000, Hiroshima. *Proceedings of 10<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association*. Hiroshima:IRPA, 2000.

NCRP. *Implementation of the principle of as low as reasonably achievable (ALARA) for medical and dental personnel*. NCRP Report n° 107, 1990. 125 p.

NCRP. *Use of personnel monitors to estimate effective dose equivalent and effective dose to workers for external exposure to low-let radiation*, NCRP Report n° 122, 1995. 64 p.

PADOVANI R., RODELLA C.A. Staff dosimetry in interventional cardiology. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 94, n. 1 - 2, p. 99 - 103, 2001.

PRATT T. A., SHAW A.J. Factors affecting the radiation dose to the lens of the eye during cardiac catheterization procedures. *The British Journal of Radiology*, v.66, p. 346 - 350, 1993.

RAMSDALE M.L., WALKER W.J., HORTON W.P. Extremity doses during interventional radiology. *Clinical Radiology*, v. 41, p. 34 - 36, 1990.

RENAULD L. A 5-y follow-up the radiation exposure to in-room personnel during cardiac catheterization. *Health Physics*, v. 62, n.1, p.10 - 5,1992.

REUTER F.G., GOLDIN A. S. Application of timer-lapse photography to the apportionment of personnel exposure during cardiac catheterization. *Health Physics*, v. 36, p. 105 - 116, 1979.

REY L. *Dicionário de termos técnicos de medicina e saúde*. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

Secretaria da Saúde – Resolução SS n° 625, de 14 de dezembro de 1994. Aprova Norma Técnica que dispõe sobre o uso, posse e armazenamento de fonte de radiação ionizante, no âmbito do Estado de São Paulo. Diário Oficial do Estado de São Paulo, SP, 1994.

STACEY A.J., PHIL M., DAVIS R., KERR I.H. Personnel protection during cardiac catheterization with a comparison of hazards of undercouch and overcouch X-ray tube mountings. *British Journal Radiology*, v. 47, p. 16 - 23, 1974.

STADTMANN H. Dose quantities in radiation protection and dosimeter calibration. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 96, n. 1 - 3, p. 21 - 26, 2001.

VAÑO E., GONZÁLEZ L., BENEYTEZ F., MORENO F. Lens injuries induced by occupational exposure in optimized interventional radiology laboratories. *The British Journal of Radiology*, v.71, p. 728 - 733, 1998a.

VAÑO E., GONÇALEZ L., GUIBELALDE E., FERÁNDEZ J.M., TEN J.I. Radiation exposure to medical staff in interventional and cardiac radiology. *The British Journal of Radiology*, v.71, p. 954 - 960, 1998b.

YU X.R., HE S.S., YANG K., LI L.B., FAN M.S. Study on radiation doses and its effects to 82 interventional radiologists in Shandong province. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION, May 14-19,2000, Hiroshima. *Proceedings of 10<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association*. Hiroshima:IRPA, 2000.

WATSON L.E., RIGGS M. W., BOURLAND P.D. Radiation exposure during cardiology fellowship training. *Health Physics*, v.73, n. 4, p. 690 - 193, 1997.

WOLD G.J., SCHEELE R.V., AGARWAL S.K. Evaluation of physician exposure during cardiac catheterization. *Radiology*, v. 99, p.188 - 190, 1971.