



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CONTRIBUIÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DE UM
PROGRAMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
NA ÁREA DE SAÚDE DA UNICAMP

ROSÂNGELA FRANCO COELHO

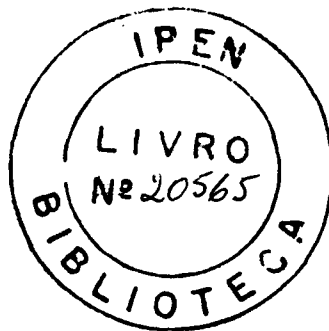
Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau De Mestre
em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear

Orientador:
Prof. Dr. Gian Marla Agostino Angelo Sordi

São Paulo
1994

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES - CNEN/SP
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

CONTRIBUIÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE PROTEÇÃO
RADIOLÓGICA NA ÁREA DE SAÚDE DA UNICAMP



ROSÂNGELA FRANCO COELHO

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

Orientador: Prof. Dr. Gian Maria Agostino Angelo Sordi

São Paulo, 1994

A meus pais e irmãos
A meu marido, Luiz Otávio
e à memória do meu filho Frederico

CONTRIBUIÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA ÁREA DE SAÚDE DA UNICAMP

Rosângela Franco Coelho

RESUMO

Este trabalho procura estabelecer as bases para um programa de proteção radiológica aplicável aos setores da Área de Saúde da UNICAMP que apresentam maiores riscos potenciais do ponto de vista de radioproteção. Foram analisados o Serviço de Radiodiagnóstico e o Laboratório de Cateterismo Cardíaco do Hospital de Clínicas, além do Serviço de Radioterapia do Centro de Atendimento Integral à Saúde da Mulher. O trabalho baseou-se, principalmente, em normas nacionais e internacionais relativas a aspectos de funcionamento e utilização de equipamentos e fontes de radiação usados na área de saúde, além das relativas a aspectos de monitoração de área e monitoração individual de trabalhadores. Os resultados mostraram que o interior das salas onde estão instalados os aparelhos ou fontes emissores de radiação ionizante são classificados como áreas controladas e que suas vizinhanças são, em sua maioria, áreas livres. Com relação aos aparelhos e fontes de radiação, verificou-se que apenas alguns aspectos de seu funcionamento e utilização necessitam ser modificados com a finalidade de melhorar cada vez mais as condições de proteção radiológica e, assim, se chegar a um nível tal que a monitoração pessoal rotineira seja dispensável. Verificou-se também que a monitoração individual rotineira pode ser dispensada, pois todos os profissionais têm suas doses equivalentes médias anuais inferiores a 3/10 dos limites primários de dose equivalente pertinentes.

AGRADECIMENTOS

AGRADEÇO:

ao Prof. Dr. Gian Maria Agostino Angelo Sordi, pelo incentivo, apoio e pela orientação segura que tornaram possível a realização deste trabalho;

a meu marido Luiz Otávio, pelo apoio e estímulo constantes;

ao Prof. Dr. Saide Jorge Calil, diretor do Centro de Engenharia Biomédica - UNICAMP, bem como à todos os membros de sua diretoria, ao Prof. Dr. Lívio Nanni, responsável pelo Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital de Clínicas - UNICAMP, ao Prof. Dr. Eduardo Arantes Nogueira, responsável pelo Laboratório de Cateterismo Cardíaco do Hospital de Clínicas - UNICAMP, e ao médico Maércio de Oliveira Cunha, responsável pelo Serviço de Radioterapia do Centro de Assistência Integral à Saúde da Mulher - UNICAMP, locais onde este trabalho foi realizado;

a Antonio Carlos Alexandre, físico responsável pela Área de Física Médica do Centro de Engenharia Biomédica - UNICAMP, pelo apoio e incentivo;

a Mauro Sérgio Martinazo, pela confecção dos desenhos;

a José Antônio Ribeiro e aos demais técnicos do Serviço de Radiodiagnóstico do HC - UNICAMP que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

a Sylvio Luiz Lucchi, pela atenção e apoio durante o período de utilização do Laboratório de Cateterismo Cardíaco do HC - UNICAMP;

aos físicos José Renato de Oliveira Rocha e Gisela Menegussi, e aos demais membros do Grupo de Física de Radioterapia - AFM/CEB e do Serviço de Radioterapia/CAISM, pela atenção, apoio e estímulo;

à Prof. Dra. Linda Caldas, presidente da Comissão de Pós-Graduação do IPEN-CNEN/SP, pelo apoio e incentivo;

aos professores e funcionários do IPEN-CNEN/SP que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho;

aos demais colegas da Área de Física Médica e à todos os amigos, aqui não citados nominalmente, que incentivaram e apoiaram a realização deste trabalho;

à CAPES pelo apoio financeiro durante parte desta pesquisa.

SUMÁRIO

Página

1 - Introdução	01
1.1 - Porque e quando se necessita de um programa de proteção radiológica	01
1.2 - Pequena descrição da Área de Saúde da UNICAMP ..	04
1.3 - Fontes que necessitam de serviço de radioproteção	07
1.3.1 - Serviço de Radiodiagnóstico do HC/UNICAMP ..	07
1.3.1.1 - Aparelhos portáteis	08
1.3.1.2 - Aparelhos fixos	10
1.3.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco do HC/UNICAMP	11
1.3.3 - Serviço de Radioterapia do CAISM/UNICAMP ...	12
1.3.3.1 - Simulador de Radioterapia	14
1.3.3.2 - Acelerador Linear	15
1.3.3.3 - Aparelho de Cobalto - 60	16
1.4 - Normas que a instalação deve satisfazer e principais atividades de um serviço de radioproteção	18
2 - Finalidade e objetivos do presente trabalho	25
3 - Metodologia de monitoração	26
3.1 - Filosofia de monitoração	26
3.2 - Fichas de auditoria e monitoração de área utilizadas	29
3.2.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	29
3.2.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	30
3.2.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	40
3.3 - Equipamentos utilizados para monitoração de área	50
3.3.1 - Características dos equipamentos	50
3.3.1.1 - Equipamentos com câmara de ionização ...	50
3.3.1.2 - Equipamentos com tubo Geiger - Müller ..	52
3.4 - Equipamentos de proteção individual (EPI)	55
3.4.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	55
3.4.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	55
3.4.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	56
3.5 - Pontos de monitoração de área	57
3.5.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	57
3.5.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	58
3.5.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	60
3.6 - Procedimentos utilizados nas monitorações	68
3.6.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	68
3.6.1.1 - Aparelho portátil de raios X	68
3.6.1.2 - Aparelho fixo de raios X	69
3.6.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	71
3.6.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	75
3.6.3.1 - Simulador de Radioterapia	75
3.6.3.2 - Teleterapia - Acelerador Linear	76
3.6.3.3 - Teleterapia - Aparelho de Cobalto - 60 .	78
3.6.3.4 - Braquiterapia	79
3.6.3.4.1 - Paciente sob radiomoldagem	79
3.6.3.4.2 - Fontes no cofre	80

THE BASIS FOR A RADIOLOGICAL PROTECTION PROGRAM TO THE HEALTH
AREA OF DE STATE UNIVERSITY OF CAMPINAS (UNICAMP)

Rosângela Franco Coelho

ABSTRACT

There are some sectors in the Health Area of the State University of Campinas (UNICAMP) that present great potential risks from the viewpoint of radiation protection. The aim of this work is to establish the basis for a radiological protection program applicable to these sectors. The Diagnostic Radiology Services and the Laboratory of Cardiac Catheterization of the Hospital de Clínicas have been analyzed, as well as the Radiotherapy Services of the Center for Integral Assistance to the Womans Health (CAISM). This work was mainly supported by national and international regulations related to the operative and employment aspects of the equipment and radiation sources used in the health area. Regulations related to area and individual monitoring of workers were also used. Results show that the interior of the rooms where the equipment and radiation sources are located is classified as controlled area, whereas the neighborhoods of the rooms are mostly free areas. In order to improve the radiological protection conditions, only some of the operative and employment aspects need to be modified regarding equipment and radiation sources. In this way, routine personal monitoring would not be further required. Since all the workers have their annual mean equivalent doses below 3/10 of the primary limits of the applicable equivalent dose, routine individual monitoring could be exempted.

4 - Resultados das auditorias e das monitorações de área .	83
4.1 - Auditorias	83
4.2 - Monitorações de área	113
5 - Classificação de áreas, das condições de trabalho e discussão dos resultados	125
5.1 - Classificação de áreas	125
5.1.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	126
5.1.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	126
5.1.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	126
5.1.3.1 - Simulador de Radioterapia	126
5.1.3.2 - Acelerador Linear	127
5.1.3.3 - Aparelho de Cobalto - 60	128
5.1.3.4 - Classificação das áreas vizinhas aos aparelhos de teleterapia do RXT/CAISM .	128
5.1.3.5 - Fontes de césio-137 usadas em braquiterapia	131
5.2 - Classificação das condições de trabalho	137
5.2.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	137
5.2.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	144
5.2.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	149
5.3 - Discussão dos resultados	154
5.3.1 - Auditorias	154
5.3.1.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	154
5.3.1.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	156
5.3.1.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	157
5.3.2 - Monitoração e classificação de áreas	161
5.3.2.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	161
5.3.2.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	161
5.3.2.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	161
5.3.2.3.1 - Simulador de Radioterapia	161
5.3.2.3.2 - Equipamentos de Teleterapia	162
5.3.2.3.3 - Braquiterapia	162
5.3.3 - Classificação de trabalhadores	163
5.3.3.1 - Serviço de Radiodiagnóstico/HC	164
5.3.3.2 - Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC	167
5.3.3.3 - Serviço de Radioterapia/CAISM	169
6 - Trabalhos futuros	171
7 - Referências bibliográficas	174

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - POR QUE E QUANDO SE NECESSITA DE UM PROGRAMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

A necessidade de um Programa de Proteção Radiológica (PPR) surge a partir do momento em que são planejados ou iniciados procedimentos envolvendo radiações ionizantes, seja a partir de materiais radioativos, seja a partir de equipamentos emissores de radiação, e tem a finalidade de proteger o homem e o seu meio ambiente dos possíveis efeitos nocivos provocados pela radiação ionizante^[01,02].

Existe um risco associado a todo trabalho com radiações ionizantes que tem que ser analisado, quantificado e minimizado.

Quando o risco associado ao trabalho com radiações ionizantes é muito pequeno ele pode ser considerado desprezível. Neste caso o material radiativo ou a máquina produtora de radiação não é considerado como emissor de radiação do ponto de vista de proteção radiológica^[03]. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é a autoridade competente para assuntos de proteção radiológica em nosso país e é a CNEN que, através de normas, fornece os níveis de isenção para máquinas e materiais radioativos.

De acordo com norma da CNEN^[03], os equipamentos emissores de radiação ionizante com energia inferior a 5 keV são isentos de controle por parte da proteção radiológica e da própria CNEN. As substâncias radioativas com atividade específica inferior a 100 Bq/g ou substâncias radioativas sólidas naturais com atividade específica inferior a 500 Bq/g também estão isentas de licenciamento e controle. Além disso, quando a atividade específica for superior aos limites dados acima, a citada norma fornece níveis de isenção para os vários materiais radioativos existentes. Os materiais são classificados de acordo com a sua radiotoxicidade em A, B, C ou D e os níveis de isenção são fornecidos para estas classes de material. A tabela 1.01 mostra os níveis de isenção em função da classificação dos materiais^[03].

A tabela 1.02 a seguir mostra a classificação de alguns elementos radioativos mais comumente encontrados em trabalhos de pesquisa e aplicações médicas, de acordo com a sua radiotoxicidade^[03].

TABELA 1.01 - NÍVEIS DE ISENÇÃO DE MATERIAIS RADIOATIVOS EM FUNÇÃO DE SUA RADIOTOXICIDADE

CLASSE (radiotoxicidade)	NÍVEL DE ISENÇÃO (kBq)
A	3,7
B	37,0
C	370,0
D	3700,0

TABELA 1.02 - CLASSIFICAÇÃO DE ALCUNS RADIONUCLÍDEOS DE ACORDO COM SUA RADIOTOXICIDADE

RADIOTOXICIDADE	RADIONUCLÍDEOS					
A - muito alta			$^{210}_{84}\text{Po}$	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$^{241}_{95}\text{Am}$	$^{252}_{98}\text{Cf}$
B - alta	$^{22}_{11}\text{Na}$	$^{45}_{20}\text{Ca}$	$^{60}_{27}\text{Co}$	$^{125}_{53}\text{I}$	$^{131}_{53}\text{I}$	$^{192}_{77}\text{Ir}$
C - relativa	$^{14}_6\text{C}$	$^{32}_{15}\text{P}$	$^{51}_{24}\text{Cr}$	$^{55}_{26}\text{Fe}$	$^{57}_{27}\text{Co}$	$^{99}_{42}\text{Mo}$ $^{137}_{55}\text{Cs}$
D - baixa			^3_1H	$^{85m}_{36}\text{Kr}$	$^{99m}_{43}\text{Tc}$	$^{113m}_{49}\text{In}$

As máquinas produtoras de radiação ionizante com energia superior a 5 keV e os materiais radioativos com atividades superiores aos limites fornecidos na tabela estão sujeitos a licenciamento por parte da CNEN^[03]. O processo de licenciamento de uma instalação radiativa envolve atos administrativos por parte da CNEN. Os atos administrativos necessários dependem do tipo de instalação radiativa e compreendem:

- APROVAÇÃO PRÉVIA - ato administrativo pelo qual a CNEN aprova a viabilidade do local proposto para uma instalação radiativa;
- LICENÇA DE CONSTRUÇÃO - ato administrativo pelo qual a CNEN permite a construção de uma instalação, após verificar a viabilidade técnica, o conceito de segurança do projeto e sua compatibilidade com a Aprovação Prévia, se for o caso;
- AUTORIZAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE MATERIAL RADIOATIVO, EQUIPAMENTO OU DISPOSITIVO COM FONTE INCORPORADA, OU APARELHO DE RAIOS X OU ACELERADORES DE PARTÍCULAS, conforme o caso - ato administrativo pelo qual a CNEN autoriza a compra do material ou equipamento necessário ao funcionamento de uma instalação radiativa;
- AUTORIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO - ato administrativo pelo qual a CNEN autoriza a operação de uma instalação radiativa.
- AUTORIZAÇÃO PARA MODIFICAÇÃO - ato administrativo pelo qual a CNEN autoriza qualquer alteração de estrutura, sistema ou componente que envolva problemas de segurança em uma instalação radiativa que já possua Aprovação, Licença ou Autorização.

Além disso, as instalações radiativas que decidirem encerrar suas atividades deverão solicitar à CNEN o cancelamento da autorização para operação.

As instalações radiativas são classificadas e divididas em grupos de acordo com suas características e a de suas

fontes de radiação. Esta classificação¹⁰³⁾ é a que se segue:

- INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM FONTES SELADAS

GRUPO I - Instalações que utilizam fontes seladas de grande porte em processos industriais induzidos por radiação;

GRUPO II - Instalações que utilizam fontes seladas em equipamentos para fins de radioterapia ou radiografia industrial;

GRUPO III - Instalações que utilizam fontes seladas para fins outros que não os dos grupos I e II;

- INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM FONTES NÃO SELADAS

GRUPOS IV, V OU VI - Instalações onde se manipulam, utilizam ou se armazenam radionuclídeos cujas classes e limites de atividade total estão especificados na tabela 1.03, a seguir:

GRUPO VII - Instalações que utilizam radionuclídeos como traçadores, exceto para uso médico;

GRUPO VIII - Instalações que utilizam equipamentos ou dispositivos com fontes não seladas incorporadas, incluindo-se os casos em que são somente operadas, sem acesso à fonte propriamente dita;

- INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM ACELERADORES DE PARTÍCULAS

GRUPO IX - Instalações que utilizam aparelhos de raios X ou aceleradores de partículas de grande porte;

GRUPO X - Instalações que utilizam aceleradores de partículas que não os do grupo anterior.

TABELA 1.03 - CLASSIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES RADIATIVAS PARA OPERAÇÃO COM FONTES NÃO SELADAS

CLASSE DE RADIONUCLÍDEOS	GRUPO DA INSTALAÇÃO EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE (atividade em MBq)		
	GRUPO IV	GRUPO V	GRUPO VI
A	$< 3,7 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$ a 37,0	$> 37,0$
B	$< 3,7$	3,7 a $3,7 \times 10^3$	$> 3,7 \times 10^3$
C	$< 37,0$	37,0 a $3,7 \times 10^4$	$> 3,7 \times 10^4$
D	$< 3,7 \times 10^2$	$3,7 \times 10^2$ a $3,7 \times 10^5$	$> 3,7 \times 10^5$

OBS. Os valores de atividade apresentados na tabela acima são válidos apenas para instalações que fazem operações químicas normais (preparações químicas comuns). Para outras condições de trabalho devem ser usados fatores de multiplicação da atividade, que dependem do tipo de operação que se faz na instalação.

1.2 - PEQUENA DESCRIÇÃO DA ÁREA DE SAÚDE DA UNICAMP

A Área de Saúde, ou Complexo Hospitalar, da UNICAMP é composta basicamente por: Hospital de Clínicas (HC), Centro de Atendimento Integral à Saúde da Mulher (CAISM) e Centro de Saúde da Comunidade (CECOM), além de outros setores e departamentos ligados ao Hospital de Clínicas e à Faculdade de Ciências Médicas (figuras 1.01, 1.02 e 1.03).

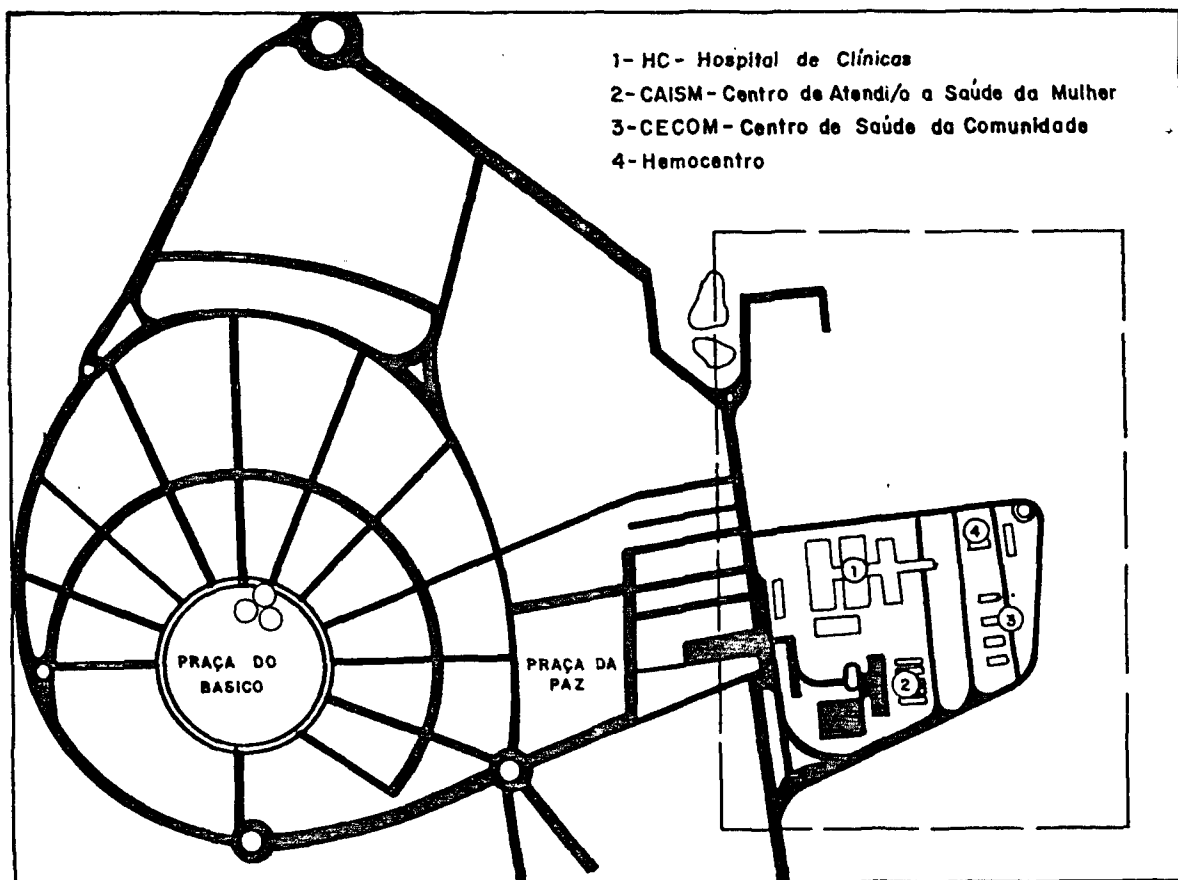


FIGURA 1.01 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UMA VISTA AÉREA DO CAMPUS DA UNICAMP COM DESTAQUE PARA A ÁREA DE SAÚDE

O Hospital de Clínicas da UNICAMP é classificado como hospital de grande porte e atende à população de Campinas e região. De acordo com o Anuário Estatístico da Unicamp - 1991^[04], o atendimento oferecido pelo HC vem crescendo desde sua inauguração no campus de Barão Geraldo, em 1986 (figura 1.04).

A Tabela 1.04, fornece dados relativos ao atendimento do Hospital de Clínicas (HC) até 1990, onde se pode verificar o grande número de atendimentos feitos pelo Serviço de Radiodiagnóstico (RXD/HC).

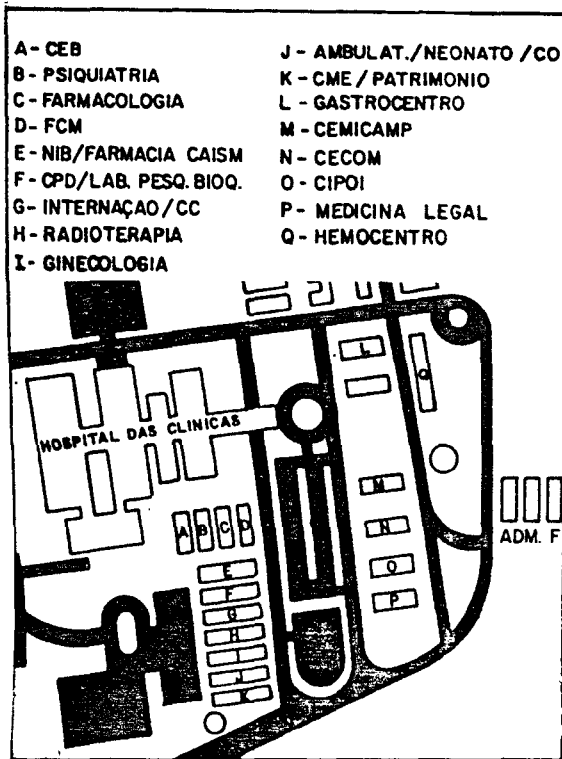


FIGURA 1.02 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA VISTA AÉREA DA ÁREA DE SAÚDE

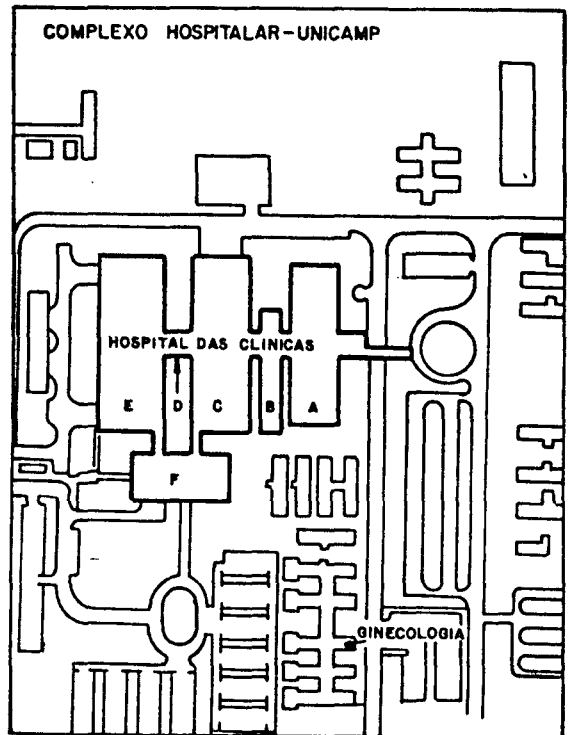


FIGURA 1.03 - ÁREA DE SAÚDE COM DESTAQUE PARA O HOSPITAL

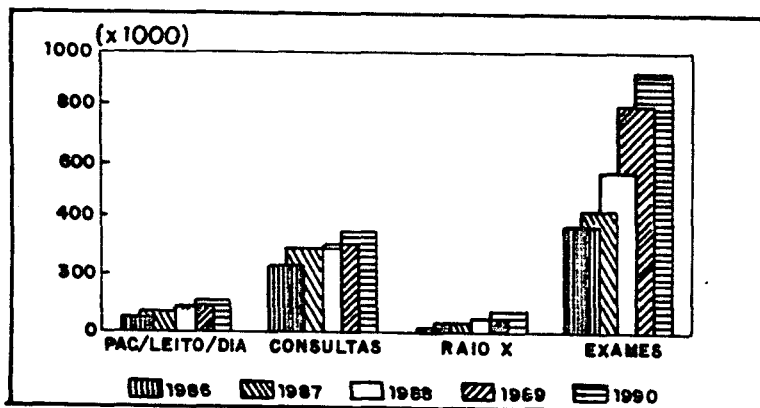


FIGURA 1.04 - EVOLUÇÃO DO ATENDIMENTO DO HC ENTRE 1986 E 1990

TABELA 1.04 - EVOLUÇÃO NO ATENDIMENTO DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNICAMP ENTRE 1986 E 1990

ATENDIMENTOS/HC	1986	1987	1988	1989	1990
NÚMERO DE LEITOS	280	311	329	356	400
INTERNAÇÕES	6922	7973	9072	10926	12869
PAC./LEITO/DIA	57607	73703	80083	92542	110671
CONSULTAS	240234	300618	301758	313261	360250
CIRURGIAS	4222	4675	5778	7241	9828
RAIOS X	21610	37611	39036	55941	79545
EXAMES	386917	438899	580673	811439	933155

1.3 - FONTES QUE NECESSITAM DO SERVIÇO DE RADIOPROTEÇÃO

1.3.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO DO HC/UNICAMP

O Serviço de Radiodiagnóstico do HC/UNICAMP (RXD/HC), situa-se no bloco C2 do Hospital de Clínicas, cuja planta baixa encontra-se na figura 1.05 a seguir. Os equipamentos MIMER e DIAGNOSTIC 85, também pertencentes ao RXD/HC, estão localizados no terceiro andar do prédio do hospital e próximo ao RXD/HC, no bloco E3 como pode ser visto na planta baixa da figura 1.06.

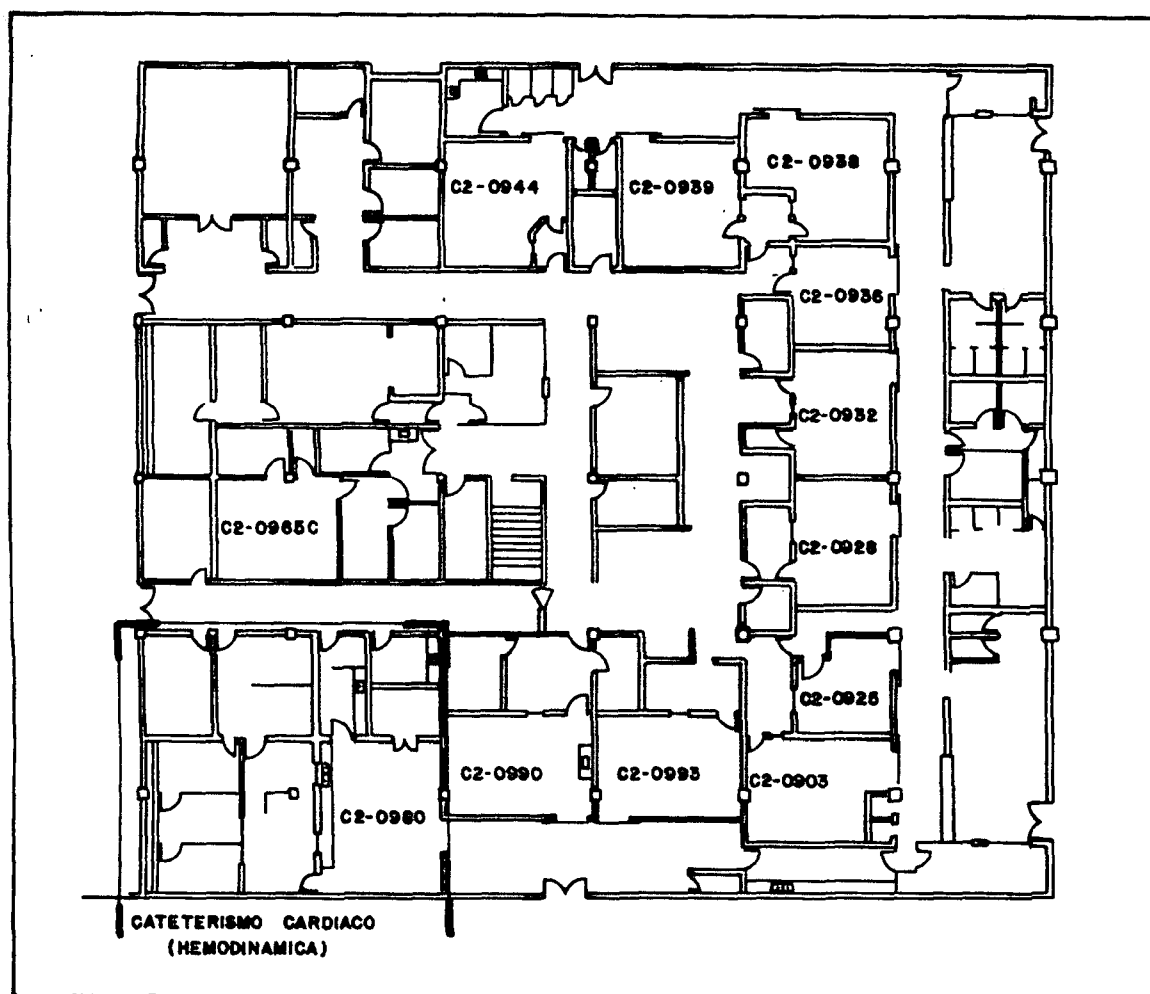


FIGURA 1.05 - PLANTA BAIXA DO BLOCO C2 DO HC

O RXD/HC possui 22 equipamentos emissores de raios X, desde os mais simples, que produzem imagens estáticas em filmes radiográficos, até os mais sofisticados, como tomógrafos computadorizados, que permitem a visualização em filmes, de fatias transversais do corpo do paciente. A equipe do RXD/HC é composta por: 05 médicos; 08 docentes do Departamento de Radiologia da Faculdade de Ciências Médicas; 15 residentes em radiologia, sendo 05 no primeiro ano, 05 no segundo ano e 05 no terceiro ano; 13 enfermeiras e/ou auxiliares de enfermagem; 29 técnicos em radiologia; 06

técnicos de câmara escura; e 16 funcionários administrativos.

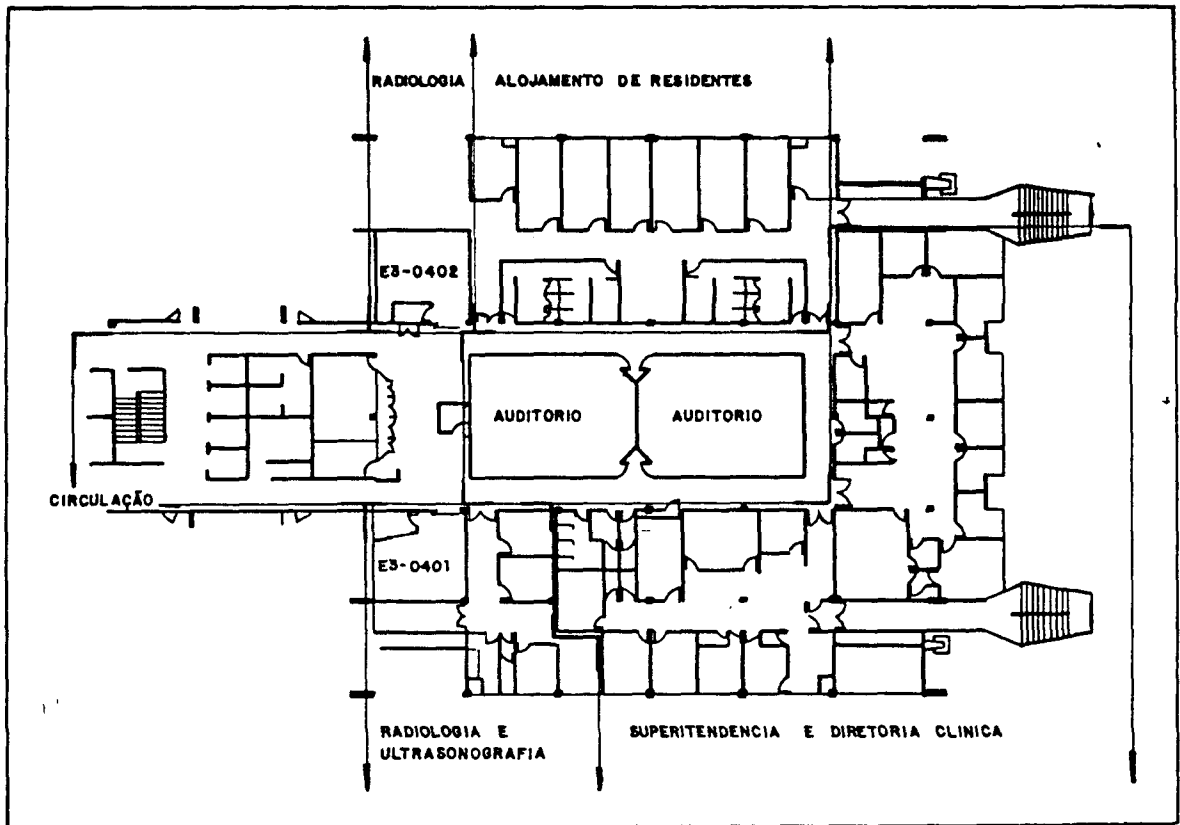


FIGURA 1.06 - PLANTA BAIXA DO BLOCO E3 DO HC

A seguir serão brevemente descritos cada um dos equipamentos do RXD/HC e sua localização.

1.3.1.1 - APARELHOS PORTÁTEIS

Os aparelhos portáteis de raios X (figura 1.07) geralmente fornecem pequenas taxas de exposição por trabalharem com pequenas correntes de tubo e são os mais simples usados no RXD/HC.

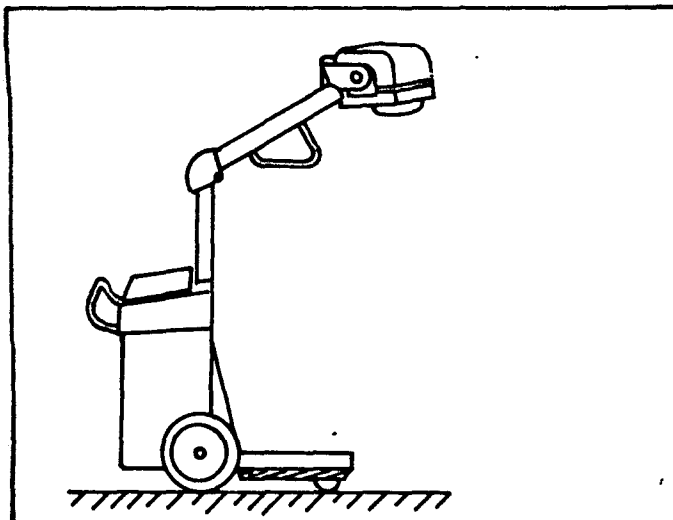


FIGURA 1.07 - APARELHO DE RAIOS X PORTÁTIL, MODELO MOBILETT - SIEMENS

Esses equipamentos são usados para fazer radiografias estáticas de pacientes internados nas enfermarias do hospital e sem capacidade para se locomoverem até o RXD/HC, além de pacientes da Unidade de Terapia Intensiva e do Centro Cirúrgico.

Os equipamentos portáteis do RXD/HC, o local de sua utilização na maior parte do tempo, e características de operação estão descritos na Tabela 1.05.

TABELA 1.05 - EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS DO RXD/HC

No. DE ORDEM	EQUIPAMENTO	MARCA	LOCALIZAÇÃO	TENSÃO NOMINAL	CORRENTE NOMINAL
01	BV 22	PHILIPS	UTI	90 kVp	20 mA
02	MDC 100	PHILIPS	C. Cirúrgico	100 kVp	150 mA
03	MDC 100	PHILIPS	RXD/HC	100 kVp	150 mA
04	UNIMAX	SIEMENS	RXD/HC	90 kVp	25 mA
05	UNIMAX	SIEMENS	PEDIATRIA	90 kVp	25 mA
06	SH 30	S. HERMANN	RXD/HC	90 kVp	30 mA
07	SH 30	S. HERMANN	RXD/HC	90 kVp	30 mA
08	MOBILETT	SIEMENS	RXD/HC	135 kVp	150 mA
09	MOBILETT	SIEMENS	UROLOGIA	135 kVp	150 mA
10	MOBILETT	SIEMENS	PEDIATRIA	135 kVp	150 mA
11	MOBILETT	SIEMENS	UTI	135 kVp	150 mA

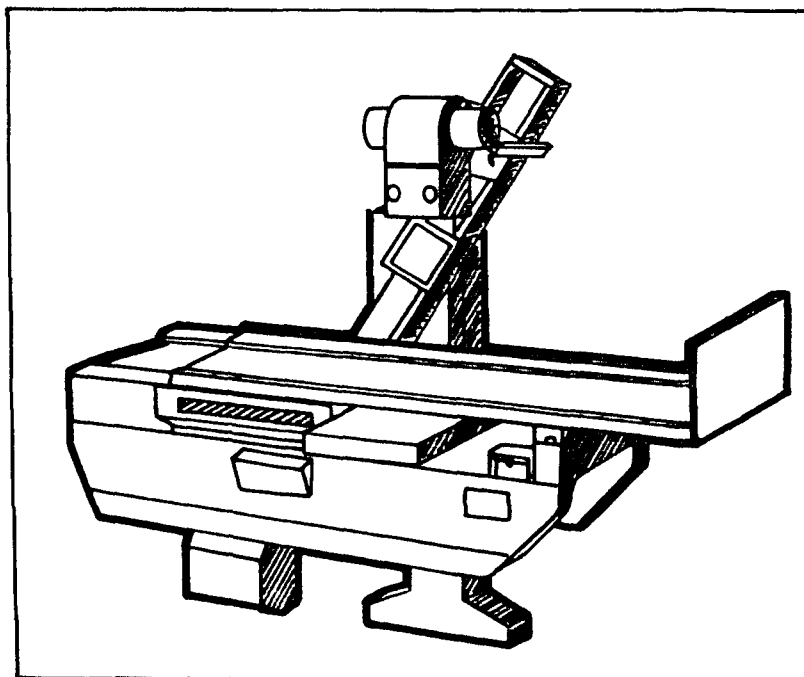


FIGURA 1.08 - APARELHO DE RAIOS X, MODELO SIREGRAPH SIEMENS

1.3.1.2 - APARELHOS FIXOS

Os aparelhos fixos de raios X existentes no RXD/HC permitem a realização de exames usando radiografia estática, fluoroscopia - inclusive com "spot filme" e trocadores rápidos de filmes (seriógrafo). A figura 1.08 mostra um destes equipamentos.

A tabela 1.06 fornece uma descrição sucinta dos equipamentos fixos existentes no RXD/HC com suas localização e características máximas de operação.

TABELA 1.06 - CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE RAIOS X FIXOS EXISTENTES NO RXD/HC

No. DE ORDEM	EQUIPAMENTO	MARCA	SALA	TENSÃO NOMINAL	CORRENTE NOMINAL
12	HELIOPHOS	SIEMENS	C2-925	125 kVp	500 mA
13	HELIOPHOS	SIEMENS	C2-939	125 kVp	500 mA
14	UROSKOP	SIEMENS	C2-932	125 kVp	800 mA
15	DELTORAX	PHILIPS	C2-936	150 kVp	800 mA
16	SIREGRAPH	SIEMENS	C2-928	150 kVp	1000 mA
17	MIMER	SIEMENS	E3-402	150 kVp	1000 mA
18	DIAGNÓSTIC 85	PHILIPS	E3-401	150 kVp	1250 mA
19	DIAGNOSTIC 100	PHILIPS	C2-944	150 kVp	1250 mA
20	POLYTOME U	PHILIPS	C2-903	150 kVp	1250 mA

A tabela 1.07 abaixo fornece os tipos de exames possíveis em cada um dos aparelhos descritos na tabela 1.06 e quais são os órgãos de interesse principal para os quais os aparelhos são utilizados.

TABELA 1.07 - FINALIDADE DOS EQUIPAMENTOS DESCRITOS NA TABELA 1.06

No. DE ORDEM	TIPOS DE EXAMES POSSÍVEIS	ÓRGÃOS DE INTERESSE
12	R, F	exames gerais
13	R, F	exames gerais
14	R, F, S	rins
15	R	tórax
16	R, F, S, T	TGI, tórax, coluna e SC
17	R, F, S	SC e crânio
18	R, F, S, T	TGI, tórax, coluna e SC
19	R, F, S, T	TGI, tórax e coluna
20	R, T	exames gerais

Os tipos de exames possíveis para os quais o equipamento é utilizado estão abreviados da seguinte forma: R - radiografia estática, F - fluoroscopia, S - seriografia e T - tomografia. Os órgãos de interesse que se encontram abreviados correspondem a: TGI - trato gastro-intestinal e SC - sistema circulatório.

O aparelho de raios X modelo MIMER III, fabricado pela SIEMENS e mostrado na figura 1.09, é utilizado para angiografias cerebrais. Este aparelho é telecomandado, possui seriador automático e intensificador de imagem ligado a monitor de TV. O seriador automático funciona a partir de um módulo de programação, instalado no painel do aparelho, que comanda a troca de filmes e as exposições de raios X para radiografias. Além disso o MIMER possui um berço especial para realizar exames em recém nascidos e uma cadeira, também especial, que permite a localização do paciente em posições não convencionais.

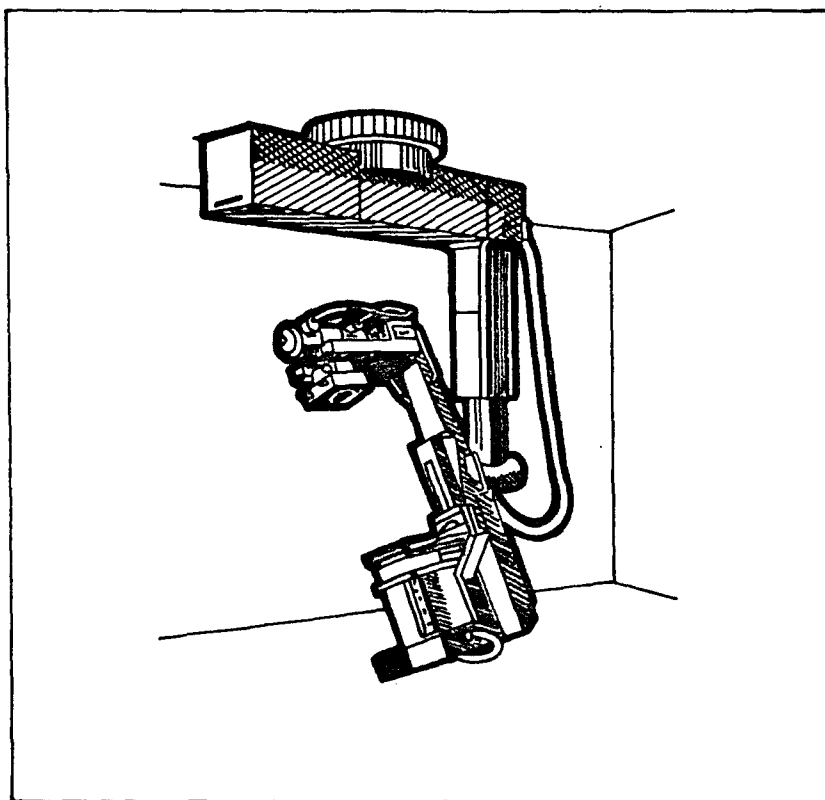


FIGURA 1.09 - EQUIPAMENTO DE RAIOS X MIMER III - SIEMENS

1.3.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO DO HC/UNICAMP

O Laboratório de Cateterismo Cardíaco do Hospital de Clínicas da UNICAMP (CC/HC) situa-se no bloco C do prédio do HC (vide figura 1.05).

O Laboratório de CC/HC possui um aparelho de raios X diagnóstico CARDOSKOP, fabricado pela SIEMENS (figura 1.10), cujas características principais são: tubo de raios X sob a mesa, tensão nominal máxima de 125 kVp e corrente nominal

máxima de 500 mA. Este equipamento oferece a possibilidade de realização de fluoroscopia, e cinefluorografia.

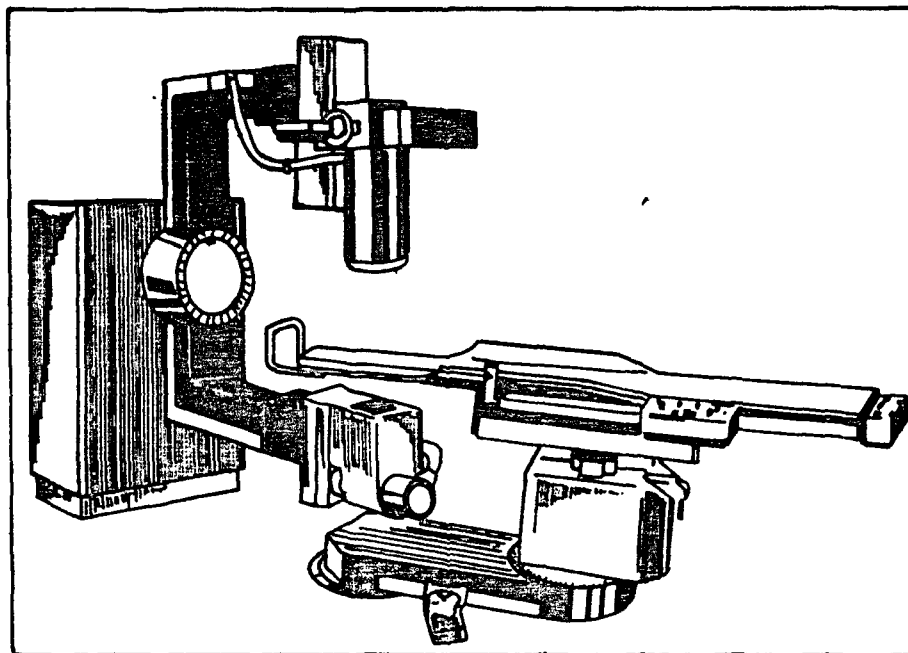


FIGURA 1.10 - APARELHO DE RAIOS X CARDOSKOP - SIEMENS

O CC/HC realiza cateterização, angioplastia e implante de marca-passos cardíacos. A cateterização é o procedimento de utilização de cateter como via de passagem de contraste para verificação das condições do músculo e vasos cardíacos (também utilizado como termo geral para uso de cateter). Na angioplastia, o cateter é utilizado para dilatação de vasos estenosados e, em implantes de marca-passos, serve como guia para eletrodos de estimulação. Os primeiros envolvem fluoroscopia e cinefluorografia, para acompanhamento e registro do exame, e o último somente fluoroscopia^[05].

A equipe do CC/HC é composta por 03 médicos, 04 técnicos em radiologia, 02 profissionais de enfermagem e 02 profissionais administrativos.

1.3.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA DO CAISM/UNICAMP

O Serviço de Radioterapia do CAISM (RXT/CAISM) situa-se nos blocos I e J do conjunto de prédios do CAISM, cujas plantas baixas encontram-se nas figuras 1.11 e 1.12. Os equipamentos e toda a parte de teleterapia situa-se no bloco J, enquanto que o quarto de radiomoldagem e o depósito de fontes situa-se no bloco I.

A RXT/CAISM possui 03 equipamentos, sendo 01 simulador para radioterapia, 01 aparelho de cobalto - 60 e um acelerador linear. Além disso, o serviço possui 23 fontes de césio - 137 para uso em braquiterapia.

A equipe do serviço de RXT/CAISM é composta por 03 médicos radioterapeutas, 10 técnicas em radioterapia, 18 enfermeiras e/ou auxiliares de enfermagem; 01 assistente social e 05 funcionários administrativos. Entre os profissionais de enfermagem 03 dão apoio à clínica, 01 atua na teleterapia e 14 atuam na braquiterapia. Os médicos, as técnicas em radioterapia e o pessoal de enfermagem que dá apoio à braquiterapia, se revezam na preparação e colocação das fontes e nos cuidados dispensados aos pacientes, cada um dentro de sua área de atuação.

A tabela 1.08 mostra a localização dos equipamentos da RXT/CAISM.

TABELA 1.08 - EQUIPAMENTOS DA RXT/CAISM

No. DE ORDEM	EQUIPAMENTO	MODELO	MARCA	LOCALIZAÇÃO
01	simulador	THERAPY SIMULATOR	KERMATH	BL.J/TÉRREO
02	acel. linear	MEVATRON 74	SIEMENS	BL.J/TÉRREO
03	cobalto	ALCYON II	CGR MeV	BL.J/TÉRREO

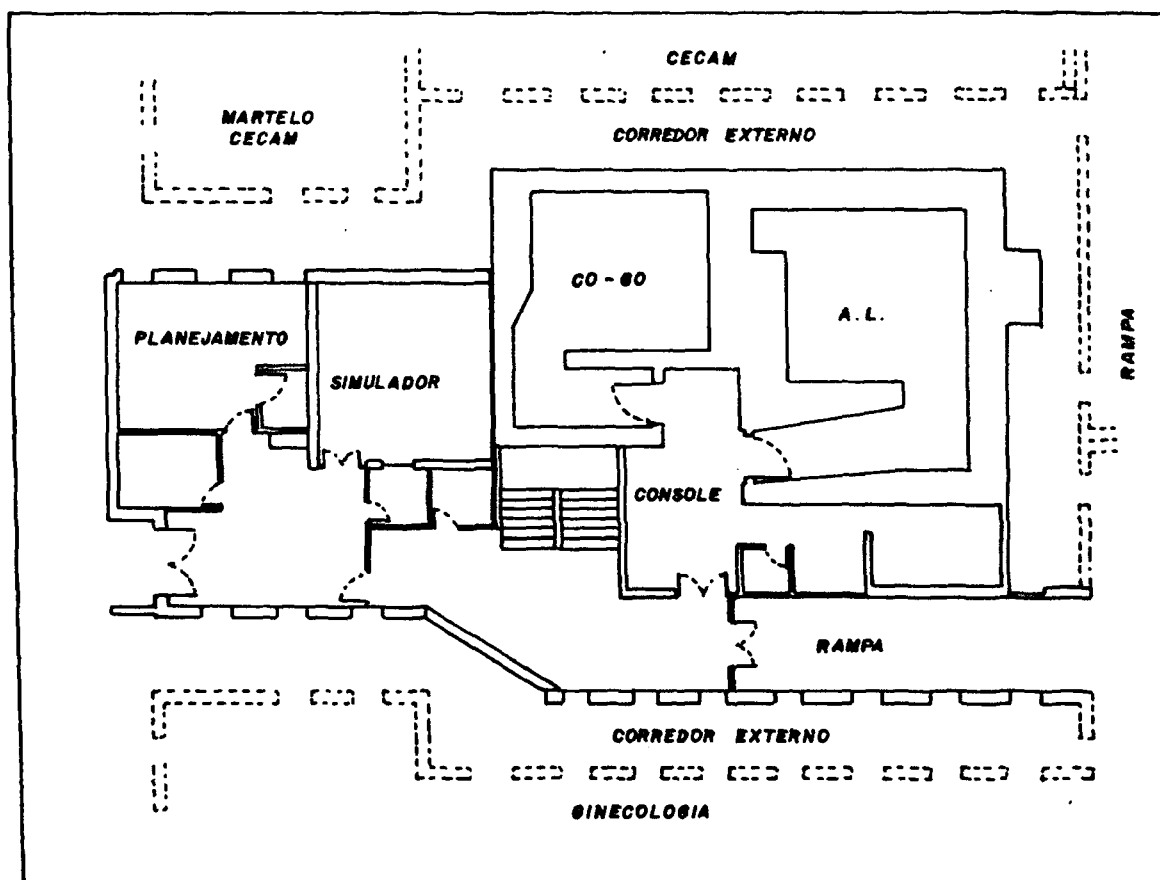


FIGURA 1.11 - PLANTA BAIXA DO BLOCO J - CAISM (ÁREA DO RXT)

As fontes de césio - 137 utilizadas na RXT/CAISM estão descritas na tabela 1.09 a seguir.

TABELA 1.09 - FONTES DE CÉSIO - 137 DA RXT/CAISM

No. DE ORDEM	ATIVIDADE (GBq)	DATA INICIAL	QUANTI-DADE	IDENTIFI-CAÇÃO ¹	LOCALIZAÇÃO
04	1,11	03/91	06	J2	BL.I/DEPÓSITO
05	1,67	03/91	06	J3	BL.I/DEPÓSITO
06	2,22	03/91	06	J4	BL.I/DEPÓSITO
07	2,78	03/91	05	J5	BL.I/DEPÓSITO

OBS.: 1 - Além do código mostrado, todas as fontes têm em comum o código CDCS.

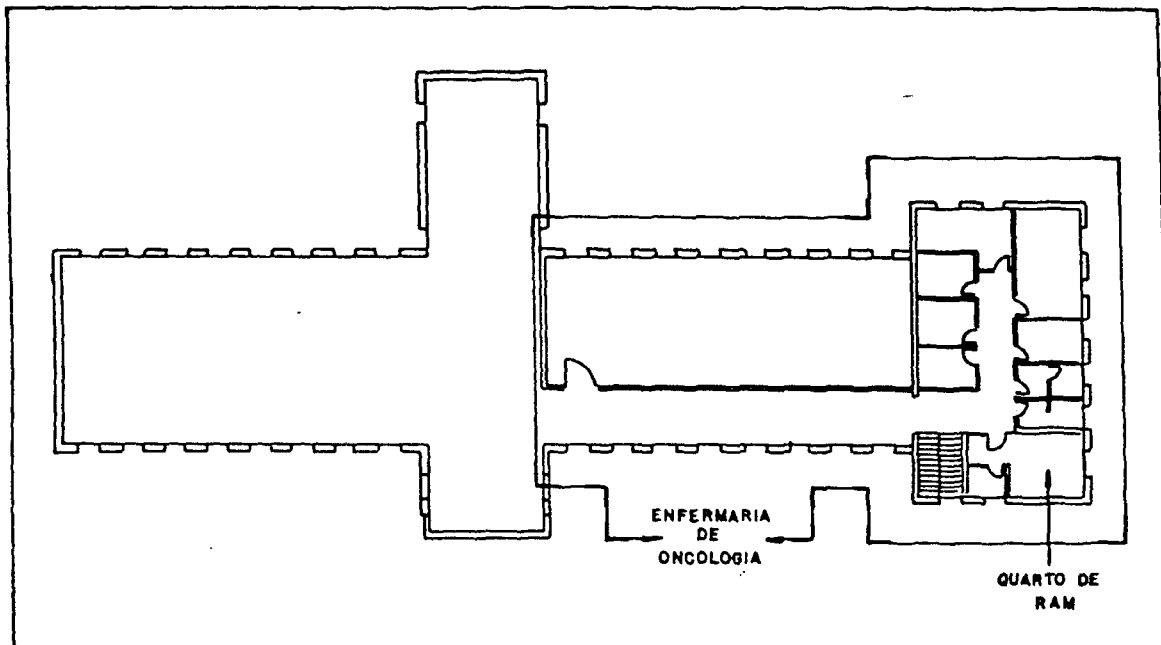


FIGURA 1.12 - PLANTA BAIXA DO BLOCO I - CAISM

1.3.3.1 - SIMULADOR DE RADIOTERAPIA

O simulador de radioterapia (figura 1.13) é um equipamento de raios X destinado a auxiliar no planejamento de pacientes a serem submetidos à teleterapia.

O simulador existente no serviço de RXT/CAISM é um THERAPY SIMULATOR de marca KERMATH que opera com tensão nominal máxima de 125 kVp e corrente máxima de 600 mA para radiografia, e tensão nominal máxima de 125 kVp e corrente nominal máxima de 15 mA para fluoroscopia.

No simulador são feitas radiografias com os mesmos parâmetros de localização do paciente que serão utilizados durante o tratamento. O equipamento permite inclusive que as localizações sejam feitas da mesma maneira que nos tratamentos com aparelhos de radioterapia isocêntricos. Assim, e com o auxílio de fluoroscopia é possível fazer uma localização anatômica precisa do campo de tratamento.

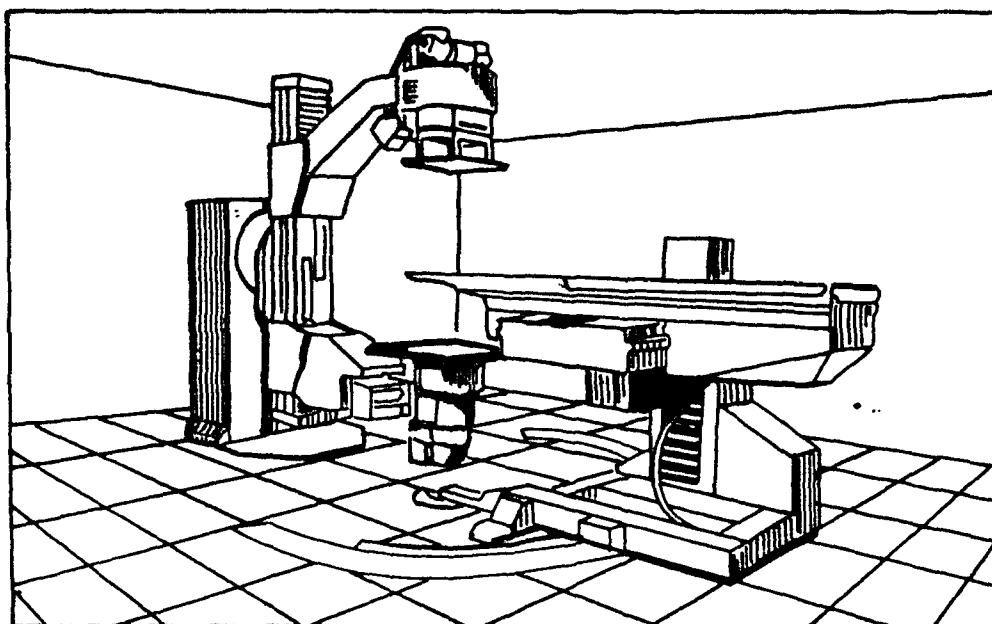


FIGURA 1.13 - SIMULADOR DE RADIOTERAPIA MODELO THERAPY SIMULATOR

1.3.3.2 - ACELERADOR LINEAR

O acelerador linear é um equipamento destinado à produção de raios X de alta energia, utilizado para teleterapia. Seus principais componentes são: sistema injetor, tubo acelerador com cavidades ressonantes, conjunto de imãs e filtro homogeneizador. Alguns aceleradores possuem sistema de alvo móvel de modo que se pode utilizar diretamente o feixe de elétrons. Nesses equipamentos podem ser feitos tratamentos de tumores superficiais, usando feixes de elétrons, e de tumores profundos usando feixes de raios X de alta energia^[106].

O acelerador linear existente na RXT/CAISM é um MEVATRON 74 fabricado pela SIEMENS (figura 1.14). Este equipamento permite a irradiação com feixes de fótons e de elétrons, além de ser isocêntrico e possibilitar a irradiação em campos fixos e rotatórios.

No MEVATRON 74, a energia do feixe de fótons é 10 MV, definida pela porcentagem de dose profunda (PDP) a 10 cm de profundidade na água, com um campo de 10X10 cm² e distância fonte superfície de 100 cm. A energia do feixe de elétrons é ajustável em 5, 6, 7, 8, 10 e 12 MeV.

O rendimento do aparelho é de 210 cGy/min tanto para fótons como para elétrons a uma distância focal de 100 cm. Nos tratamentos rotatórios o rendimento pode ser ajustado desde 0,5 cGy/grau até 5,0 cGy/grau, sendo que o aparelho ajusta automaticamente a velocidade de rotação e o rendimento.

O MEVATRON 74 da RXT/CAISM não possui sistema parador de feixe e o tamanho do campo de tratamento pode ser ajustado desde 2 X 2 cm² até um máximo de 40 X 40 cm² a uma distância focal de 100 cm. Os campos maiores que 30 X 30 cm² têm suas

bordas restritas a um círculo de 42 cm de diâmetro.

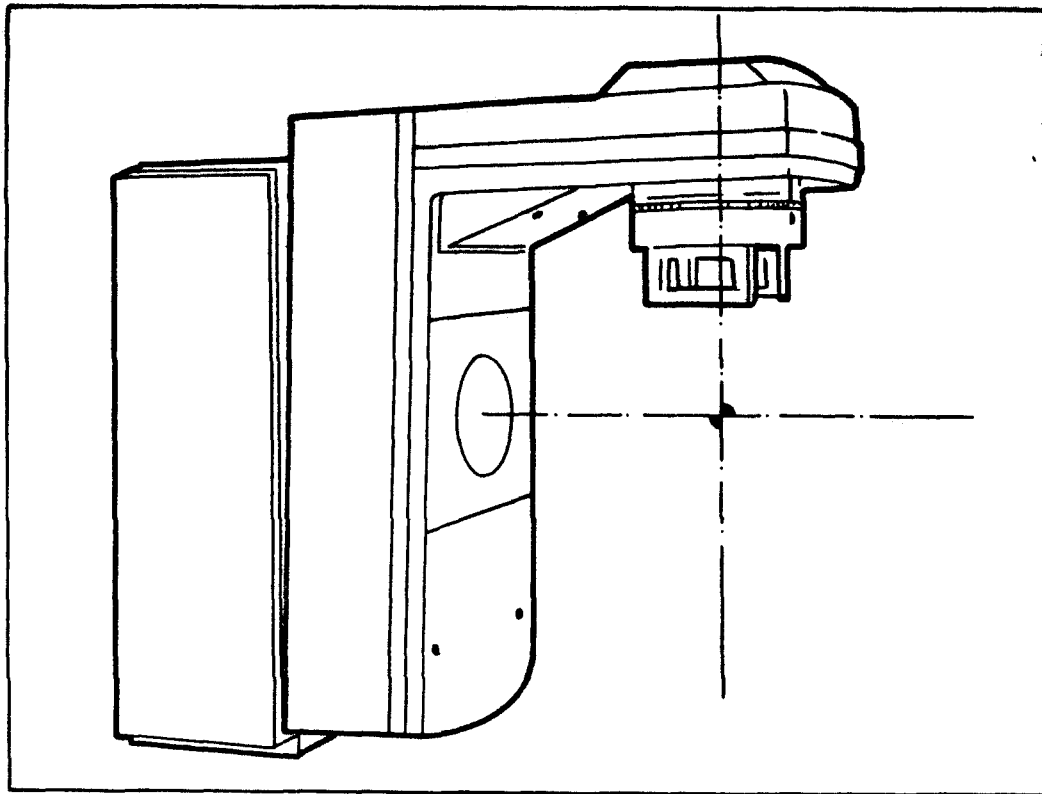


FIGURA 1.14 - ACELERADOR LINEAR MEVATRON 74 - SIEMENS

O equipamento possui sistema duplo de dosimetria e o relógio de tratamento funciona como um sistema adicional de segurança para interrupção da exposição. O sistema de dosimetria é responsável pelo controle da homogeneidade e da simetria do campo de tratamento. Além disso existe um sistema de verificação dos parâmetros mais importantes da irradiação e dos acessórios utilizados.

1.3.3.3 - APARELHO DE COBALTO - 60

O cobalto - 60 é produzido a partir da irradiação de cobalto - 59 com feixes de nêutrons em reatores. Os raios gama produzidos no decaimento do ^{60}Co , de 1,17 e 1,33 MeV, resultam em uma energia média de feixe de 1,25 MeV, que é utilizada em teleterapia^[06].

O aparelho de cobalto - 60 da RXT/CAISM é um modelo ALCYON II, fabricado pela CGRMeV. O ALCYON II é isocêntrico, trabalha com distância fonte-isocentro de 80 cm e o campo máximo é de 32 X 32 cm² no isocentro (figura 1.15).

O cabeçote de tratamento do ALCYON II é também um "container" de transporte para a fonte de cobalto, de modo que ao invés de trocas de fontes são feitas trocas de cabeçotes, evitando a manipulação de material radioativo. A pastilha de cobalto tem um diâmetro ativo de 2,0 cm e atividade de 169,1 TBq em 31/05/1985, com rendimento de 1,545 C.m².kg⁻¹.h⁻¹.

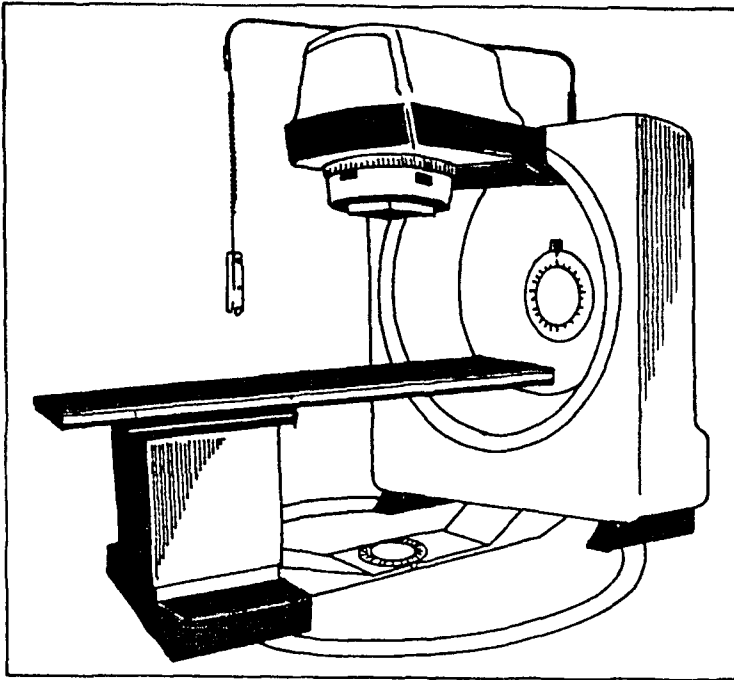
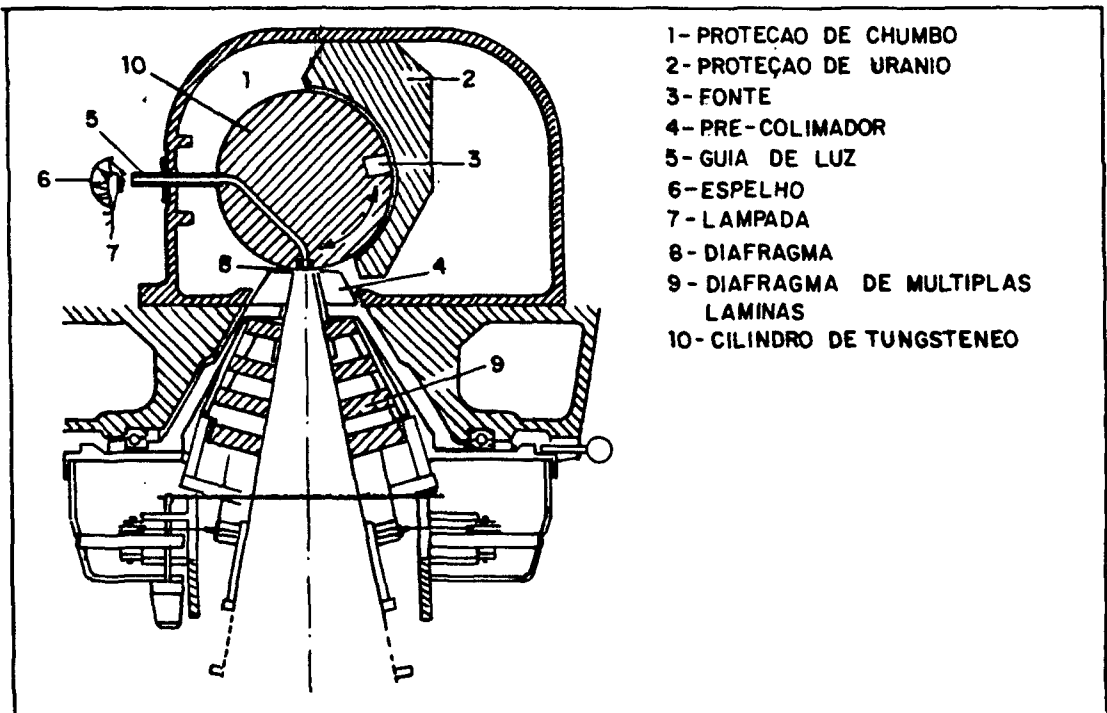


FIGURA 1.15 - APARELHO DE COBALTO - 60, MODELO ALCYON II - CGRMeV

O sistema de exposição da fonte, ou obturador, do ALCYON II é do tipo rotatório, no qual a fonte é montada sobre um cilindro de tungstênio que é girado de cerca de 100 graus quando o aparelho é acionado a partir do console de controle (figura 1.16).



- 1- PROTEÇÃO DE CHUMBO
- 2- PROTEÇÃO DE URANIO
- 3- FONTE
- 4- PRE-COLIMADOR
- 5- GUIA DE LUZ
- 6- ESPELHO
- 7- LAMPADA
- 8- DIAFRAGMA
- 9- DIAFRAGMA DE MULTIPLAS LAMINAS
- 10- CILINDRO DE TUNGSTENEO

FIGURA 1.16 - CABEÇOTE DE TRATAMENTO DO ALCYON II

1.4 - NORMAS QUE A INSTALAÇÃO DEVE SATISFAZER E PRINCIPAIS ATIVIDADES DE UM SERVIÇO DE RADIOPROTEÇÃO

Toda instalação que trabalhe com equipamentos emissores de radiação ionizante, com energia superior a 5 keV, ou substâncias radioativas, com atividades superiores àquelas listadas no item 1.1, é considerada como instalação radiativa^[03] e deve ser classificada de acordo com seu enquadramento em um ou mais dos grupos listados no referido item.

Toda e qualquer instalação radiativa deve obedecer às normas gerais e específicas da CNEN. A norma que trata dos princípios básicos de radioproteção^[01] e que tem por objetivo estabelecer diretrizes para a proteção do homem e seu meio ambiente contra possíveis efeitos maléficos causados pela radiação ionizante, abrange princípios, limites, obrigações e controles básicos necessários dentro de uma instalação radiativa. De acordo com esta norma, são três os princípios básicos de radioproteção: justificação, otimização e limitação da dose individual.

O PRINCÍPIO DA JUSTIFICAÇÃO estabelece que "qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade".

O PRINCÍPIO DA OTIMIZAÇÃO estabelece que "o projeto, o planejamento do uso e a operação de instalação e de fontes de radiação devem ser feitos de modo a garantir que as exposições sejam tão reduzidas quanto razoavelmente exequível, levando-se em conta fatores sociais e econômicos".

O PRINCÍPIO DA LIMITAÇÃO DA DOSE INDIVIDUAL estabelece que "as doses individuais de trabalhadores e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de dose equivalente estabelecidos na referida norma".

Os limites anuais de dose equivalente para trabalhadores e público encontram-se na tabela 1.10 a seguir, aplicando-se as restrições listadas abaixo:

- menores de dezoito anos não devem ser trabalhadores;
- a dose no abdômem de mulheres com capacidade reprodutiva, não deve exceder a 13 mSv em qualquer período de 3 meses consecutivos;
- gestantes não devem trabalhar em áreas controladas;
- a dose acumulada no feto durante o período de gestação não deve exceder a 10 mSv;
- estudantes e estagiários maiores de 18 anos, cujas atividades envolvam o emprego esporádico de radiações ionizantes, bem como estudantes, aprendizes e estagiários menores de 16 anos, cujas atividades envolvam o emprego de radiação, não devem receber, por ano, doses superiores aos limites primários para indivíduos do público, nem devem ultrapassar 1/10 daqueles limites numa única exposição;
- estudantes, aprendizes e estagiários entre 16 e 18 anos, cujas atividades envolvam o emprego de radiação, não devem receber, por ano, doses superiores a 3/10 dos limites

- primários para trabalhadores;
- estudantes e estagiários maiores de 18 anos, cujas atividades envolvam o emprego de radiação, não devem receber, por ano, doses superiores aos limites primários para trabalhadores.

TABELA 1.10 - LIMITES PRIMÁRIOS ANUAIS DE DOSE EQUIVALENTE

DOSE EQUIVALENTE PARTE DO CORPO	LIMITES (mSv)	
	TRABALHADORES	PÚBLICO
dose equivalente efetiva (corpo todo)	50	1
órgão ou tecido T	500	$1/w_T^*$
pele	500	50
cristalino	150	50
extremidades**	500	50

OBS: * - w_T é o fator de ponderação para o tecido ou órgão T;

** - extremidades são: mãos, antebraços, pés e tornozelos.

Segundo as normas da CNEN^[01], existem obrigações básicas a serem cumpridas pelos profissionais responsáveis pela organização e operação de uma instalação radiativa, a saber: direção, supervisor de radioproteção e trabalhadores.

As obrigações básicas da DIREÇÃO da instalação são:

- a - tomar as providências necessárias relativas ao licenciamento da instalação;
- b - ser a responsável pela radioproteção e segurança da instalação;
- c - manter um supervisor de radioproteção, com certificação de qualificação;
- d - estabelecer e submeter à CNEN um plano de radioproteção;
- e - manter um serviço de radioproteção;
- f - estabelecer limites derivados e limites operacionais, sempre que julgar conveniente;
- g - submeter à CNEN um novo plano de radioproteção antes da introdução de quaisquer modificações em projetos ou procedimentos, que possam alterar as condições de exposição tanto de trabalhadores como de indivíduos do público;
- h - autorizar exposições de emergência;
- i - fornecer ao trabalhador, por escrito, as instruções relativas ao risco da exposição e os regulamentos de radioproteção adotados na instalação;
- j - cientificar cada trabalhador e o serviço médico sobre as doses resultantes de exposições de rotina, exposições acidentais e exposições de emergência;
- k - manter um serviço médico adequado ao tipo e às

- proporções da instalação, e prover tratamento médico aos trabalhadores envolvidos em acidentes, quando necessário;
- l - estabelecer e implementar um plano anual de auditoria e garantia da qualidade para a verificação da adequação do plano de radioproteção;
 - m - manter à disposição da CNEN todos os dados radiológicos, instruções e procedimentos administrativos, técnicos e médicos relativos à radioproteção;
 - n - comunicar à CNEN, com a brevidade possível, as doses resultantes de exposições acidentais e exposições de emergência, juntamente com um relatório sobre as mesmas;
 - o - minimizar as ocorrências de exposições acidentais através da redução da possibilidade de acidentes;
 - p - estabelecer contatos e ajustes com as organizações de apoio para situações de emergência, tais como a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros, etc.;
 - q - comunicar à CNEN, em caráter de urgência, qualquer acidente que possa expor o público a níveis de radiação que acarretem doses superiores aos limites primários estabelecidos para indivíduos do público;
 - r - submeter à CNEN um relatório detalhado das situações anormais, tanto de acidentes como de emergências, no qual deve constar uma análise quanto às causas e conseqüências;
 - s - colocar à disposição do inspetor da CNEN as informações relevantes à radioproteção aplicada à instalação;
 - t - garantir aos inspetores da CNEN livre acesso às áreas da instalação.

O SUPERVISOR DE RADIOPROTEÇÃO, designado pela direção da instalação, tem as seguintes obrigações:

- a - implementar e ser o orientador do serviço de radioproteção;
- b - fazer cumprir o plano de radioproteção aprovado pela CNEN;
- c - planejar, coordenar e supervisionar as atividades do serviço de radioproteção de modo a garantir exposições tão baixas quanto razoavelmente exequíveis;
- d - assessorar e informar a direção da instalação sobre todos os assuntos relativos à radioproteção;
- e - fazer cumprir as normas e recomendações sobre radioproteção da CNEN;
- f - treinar, reciclar, orientar e avaliar o desempenho da equipe do serviço de radioproteção e dos demais trabalhadores envolvidos em atividades com fontes de radiação; e
- g - designar um técnico de nível superior como seu substituto nos impedimentos eventuais.

Os TRABALHADORES responsáveis pelo funcionamento e operação da instalação, por sua vez, têm as seguintes obrigações:

- a - executar suas atividades em conformidade com os requisitos e exigências dos regulamentos de radioproteção estabelecidos pela direção da instalação; e
- b - informar ao serviço de radioproteção e aos seus superiores qualquer evento que, no seu entender, possa influir nos níveis de exposição ou no risco de ocorrência

de acidentes.

O PLANO DE RADIOPROTEÇÃO citado acima, deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a - identificação da instalação e de sua direção;
- b - função, classificação e descrição das áreas da instalação;
- c - descrição da equipe, instalações e equipamentos do serviço de radioproteção;
- d - descrição das fontes de radiação e dos correspondentes sistemas de controle e segurança, com detalhamento das atividades envolvendo a sua aplicação e demonstração da otimização da radioproteção;
- e - função e qualificação dos trabalhadores da instalação;
- f - descrição dos programas e procedimentos relativos à monitoração individual, monitoração de área e monitoração do meio ambiente;
- g - descrição do sistema de gerência de rejeitos radioativos, estando a eliminação dos rejeitos sujeita a limites autorizados ou limites estabelecidos em norma específica da CNEN;
- h - estimativa de taxa de dose para cada tipo de radiação em condições de exposição de rotina;
- i - descrição do serviço e controle médico dos trabalhadores, incluindo planejamento médico em caso de acidentes;
- j - programa de treinamento de trabalhadores;
- k - níveis de referência, limites operacionais e limites derivados sempre que julgados convenientes;
- l - descrição dos tipos de acidentes admissíveis incluindo sistema de detecção dos mesmos, destacando o acidente mais provável e o de maior porte, com detalhamento de árvore de falhas, quando houver, e suas probabilidades;
- m - planejamento de interferência em situações de emergência até o completo restabelecimento da situação normal; e
- n - instruções gerais a serem fornecidas por escrito aos trabalhadores visando à execução dos respectivos trabalhos em segurança.

É necessário que sejam feitos controles básicos^[01] de liberação de materiais radioativos para o meio ambiente, das áreas da instalação e dos trabalhadores.

A liberação de materiais radioativos, tanto para o interior da instalação como para o meio ambiente, deve ser medida, registrada e contabilizada. Além disso, deve haver um sistema de medida e controle de contaminações.

As áreas da instalação devem ser classificadas, em função da dose equivalente efetiva em seu interior, como livres ou restritas. As áreas restritas são subdivididas em áreas controladas e supervisionadas. Áreas controladas são aquelas nas quais existe a probabilidade de que indivíduos, que nela permaneçam por 2000 horas anuais^[07,08,09], recebam doses equivalentes superiores a 3/10 dos limites primários de dose equivalente para trabalhadores. As áreas supervisionadas, por sua vez, são aquelas nas quais, para um mesmo tempo de permanência de 2000 horas anuais, as doses equivalentes prováveis dos indivíduos estarão entre 1/10 e 3/10 dos

limites primários de dose equivalente para trabalhadores.

As áreas restritas de uma instalação devem atender aos seguintes requisitos:

- a - ser claramente identificadas;
- b - ser monitoradas;
- c - ser sinalizadas com o símbolo internacional de radiação;
- d - possuir instruções e procedimentos apropriados à situações de emergência, afixados em locais visíveis;
- e - ter acesso restrito à pessoas autorizadas pelo supervisor de radioproteção.

O controle de trabalhadores refere-se ao controle de suas doses equivalentes efetivas, através dos resultados das monitorações de área e individual, e ao controle médico.

Internacionalmente^[07,08,09] introduziu-se uma classificação das condições de trabalho em Condições A e B, de acordo a dose equivalente provável de ser recebida pelo trabalhador. Esta classificação considera as circunstâncias reais de trabalho, tais como atividades desempenhadas, posicionamento relativo à fonte de radiação e tempo de permanência.

Os trabalhadores classificados na condição A são aqueles cujas doses equivalentes podem exceder a 3/10 dos limites primários de dose equivalente pertinentes. Nesta condição, há necessidade da monitoração individual rotineira para que possa comprovar que o trabalhador não recebeu doses equivalentes superiores aos limites estabelecidos.

Os indivíduos que trabalham em circunstâncias tais que seja improvável que recebam doses equivalentes superiores a 3/10 dos limites pertinentes, são classificados na condição de trabalho B e não há necessidade de que sejam individualmente monitorados para se comprovar que esses limites são obedecidos. A monitoração individual desses trabalhadores pode ser feita em carácter confirmatório ou para levantamento de dados estatísticos sobre distribuição das doses.

De acordo com norma da CNEN^[01], atualmente em fase de revisão, todos os trabalhadores de áreas controladas devem ser individualmente monitorados.

Tanto as normas nacionais como as internacionais estabelecem que os resultados da monitoração devem ser comparados a valores pré-estabelecidos, chamados de níveis de referência. As ações que devem se seguir a essa comparação são: registro dos resultados, investigação de causas e interferência nas operações.

O controle médico dos trabalhadores inclui exames pré-admissional, periódico, especial e pós-laboral.

O SERVIÇO DE RADIOPROTEÇÃO a ser mantido pela direção da instalação radiativa^[01], tem como objetivo principal a

execução e manutenção do plano de radioproteção. Desta forma, deve ter uma estrutura capaz de entender todas as operações realizadas na instalação que possam resultar em exposição às radiações ionizantes para indivíduos ou meio ambiente. O serviço de radioproteção deve estar também capacitado a fazer cumprir os princípios básicos de radioproteção.

A estrutura, qualificações dos técnicos e atividades do SERVIÇO DE RADIOPROTEÇÃO, SR, são tratados em norma específica da CNEN⁽¹⁰⁾.

As atividades sob a responsabilidade do SR estão descritas abaixo.

- Controle de trabalhadores:
feito através de monitoração individual, quando os trabalhadores estão em áreas controladas^[01] ou são classificados na condição A de trabalho^[07,08,09], estimativa de doses e supervisão médica dos trabalhadores da instalação.
- Controle de áreas:
compreende a avaliação, classificação, controle de acesso, balizamento, sinalização, monitoração e descontaminação das áreas da instalação.
- Controle do meio ambiente e da população:
compreende o controle e minimização da liberação de efluentes radioativos, determinação e monitoração de áreas sujeitas à contaminação, determinação do grupo crítico da população e minimização de sua dose.
- Controle de fontes de radiação e de rejeitos:
o controle de todas as fontes de radiação ionizante, bem como o estabelecimento de procedimentos seguros para seu uso, manuseio, transporte e armazenamento, e a fiscalização do cumprimento destes procedimentos, inclusive os relativos aos rejeitos da instalação, são atribuições do SR.
- Controle de equipamentos:
os equipamentos controlados pelo SR são aqueles necessários à medição de radiações ionizantes, ao processamento, coleta e análise de amostras, e à proteção de trabalhadores.
- Treinamento de trabalhadores:
o SR deve fornecer aos trabalhadores conhecimentos específicos para o desempenho de suas funções e sobre os riscos à sua saúde resultantes de seu trabalho, além de noções de primeiros socorros.
- Registro de dados e preparação de relatórios:
o sistema de registro de todos os dados relativos à estrutura do SR, plano de radioproteção, procedimentos, regulamentos, funções, atividades e relatórios relativos à radioproteção de trabalhadores e áreas, fontes e rejeitos, equipamentos e treinamentos dados aos trabalhadores da instalação, deve ser estabelecido e mantido atualizado pelo SR.

O SR deve também garantir à CNEN o livre acesso aos arquivos, registros, pessoal, instalações, equipamentos, e todas as áreas da instalação, quando de inspeções ou solicitação de informações.

O SUPERVISOR DE RADIOPROTEÇÃO, responsável pelo serviço de radioproteção, deve ter sua qualificação certificada pela CNEN^[11].

Os supervisores de radioproteção terão qualificação certificada pela CNEN se atenderem aos seguintes requisitos:

- possuírem diploma de curso universitário, reconhecido pelo Ministério da Educação, numa das seguintes áreas: Física, Engenharia, Química, Medicina, Biologia, Farmácia, Medicina Veterinária, Agronomia, Biofísica, Bioquímica e Geologia;
- tenham sido aprovados em curso específico para supervisores em radioproteção, reconhecido pela CNEN;
- tenham realizado exame de conhecimentos reconhecido pela CNEN;
- exerçam atividade na área específica e/ou tipo de instalação para a qual estão qualificados;
- cumpram as recomendações e normas da CNEN;
- gerenciem adequadamente o plano de radioproteção; e
- participem dos cursos de atualização ou aprimoramento que venham a ser exigidos pela CNEN.

O supervisor de radioproteção deve conhecer as normas específicas para o tipo de instalação pela qual seja responsável, além daquelas que disponham sobre atividades eventualmente executadas dentro da instalação. Na área de saúde, é o caso de normas sobre serviços de radioterapia^[12], serviços de medicina nuclear^[13], transporte de materiais radioativos^[14] e gerência de rejeitos radioativos^[15].

Existem normas internacionais de radioproteção que dispõem sobre assuntos de interesse em áreas específicas e que também devem ser conhecidas pelo supervisor de radioproteção. Estas normas devem ser consultadas toda vez que o aspecto de interesse não for coberto por normas da CNEN, e devem ser seguidas desde que suas recomendações não sejam conflitantes com aquelas das normas da CNEN. Para a área de saúde é o caso específico de uma publicação da International Commission on Radiation Protection^[16], que dispõe sobre vários aspectos relativos a aparelhos de raios X diagnóstico, que não são abrangidos nas normas da CNEN.

2 - FINALIDADE E OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO

Este trabalho enfocará diferentes setores da Área de Saúde da UNICAMP, estudando e analisando os vários aspectos de seu funcionamento que têm reflexos no nível de exposição às radiações ionizantes das pessoas envolvidas com as operações aí executadas.

Serão estudados os serviços de Radiodiagnóstico e de Cateterismo Cardíaco do Hospital de Clínicas e o Serviço de Radioterapia do Centro de Assistência Integral à Saúde da Mulher.

Do Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital de Clínicas serão estudados um equipamento de raios X portátil e um equipamento de raios X fixo, sendo que os aspectos analisados e as conclusões obtidas, quando cabíveis, serão aplicadas aos demais equipamentos de mesmo tipo do referido serviço.

Do Laboratório de Cateterismo Cardíaco será estudado o equipamento de raios X existente no serviço, todos os procedimentos envolvendo radiações executados e suas consequências para a exposição dos profissionais envolvidos.

Do Serviço de Radioterapia serão analisados os equipamentos utilizados em teleterapia e todos os aspectos da radiomoldagem, bem como suas consequências para a exposição dos profissionais do serviço e vizinhanças.

A partir dos resultados obtidos nas avaliações de cada um dos setores enfocados neste trabalho, pretende-se enquadrá-los na classificação de áreas recomendada em norma da CNEN⁽⁰¹⁾.

Pretende-se também, a partir da estimativa das doses do pessoal envolvido em procedimentos com radiações ionizantes, classificá-los de acordo com as condições A e B de trabalho e, com base nesta classificação, avaliar a necessidade de monitoração individual. Além disso, caso sejam encontradas doses individuais que o justifiquem, será feita uma análise das possíveis ações que poderiam ser implementadas com a finalidade de diminuí-las.

Por fim, os resultados deste trabalho fornecerão subsídios técnicos para futura confecção de um programa de proteção radiológica a ser aplicado em cada serviço, de acordo com suas peculiaridades, e para estabelecer as linhas gerais de um programa de proteção radiológica para a Área de Saúde da UNICAMP.

3 - METODOLOGIA DE MONITORAÇÃO

3.1 - FILOSOFIA DA MONITORAÇÃO^[09]

Um programa de radioproteção, como já visto, tem por finalidade proteger o homem e seu meio ambiente dos possíveis efeitos nocivos provocados pela radiação ionizante. Para tanto, engloba vários procedimentos de controle de operações, equipamentos e materiais, cuja utilização pode resultar em exposição às radiações ionizantes. A execução de um programa de radioproteção deve, então, resultar em condições de trabalho comprovadamente seguras para os profissionais de uma instalação radiativa, para a população e para o meio ambiente.

A principal maneira de se avaliar o controle das irradiações e, portanto, comprovar a adequação das condições de trabalho em uma instalação, é a realização de medidas que forneçam as informações sobre a irradiação de trabalhadores e público. A estas medidas dá-se o nome de monitorações. Desta maneira, a monitoração tem o propósito de mostrar que as condições de segurança desejadas são adequadas e de comprovar que continuam adequadas com o transcorrer do tempo.

Os resultados das monitorações devem ser interpretados à luz do conhecimento das normas de radioproteção pertinentes e fornecer informações que permitam estimar a irradiação em termos das mesmas grandezas em que foram estabelecidos os limites básicos de dose equivalente nos órgãos e tecidos e dose equivalente efetiva.

A utilização das monitorações para um programa de proteção radiológica será tanto mais proveitosa quanto melhor forem definidos, através de um projeto de programa de monitoração, seus objetivos e os fundamentos para a interpretação de seus resultados.

Um programa de monitoração deve ter objetivos claramente definidos e registrados e cumprí-los de maneira efetiva e econômica. É importante que oriente sobre os assentamentos e apontamentos associados necessários, inclusive sobre o descarte destes registros. É necessário, ainda, que o programa de monitoração seja revisto periodicamente e sempre que ocorrerem alterações nas operações realizadas na instalação ou em recomendações e exigências de normas de radioproteção.

Para melhor atender aos objetivos de um programa de monitoração, ela é dividida em dois tipos principais: monitoração de área e monitoração individual. Quanto às suas funções a monitoração é subdividida em rotineira, operacional e especial.

O objetivo da monitoração de área é fornecer informações sobre as condições gerais do ambiente de trabalho.

A monitoração rotineira de área tem natureza confirmatória e destina-se a mostrar que o ambiente de

trabalho é satisfatório para operações contínuas e não sofreu modificações que possam exigir a reavaliação dos procedimentos de operação.

A monitoração operacional de área é usada para fornecer fundamentos para a tomada de decisões imediatas sobre o encaminhamento de uma operação específica. É adequada também ao controle de procedimentos a curto prazo, no caso destes serem insatisfatórios para uso contínuo ou a longo prazo.

A monitoração especial de área é usada para fornecer informações complementares para o controle adequado do local de trabalho, para cobrir uma situação conduzida em circunstâncias anormais, que podem incluir acidentes ou sua suspeita, e fornecer informações mais detalhadas para elucidar os problemas e definir procedimentos futuros. O programa de monitoração especial de área deve ter objetivos bem definidos, duração limitada e terminar em favor da monitoração operacional ou rotineira ou da não necessidade de monitoração, quando os objetivos forem atingidos.

A monitoração individual objetiva estimar a dose equivalente média sobre um órgão ou tecido ou a dose equivalente efetiva, ou a incorporação de material radioativo ou o conteúdo de radioatividade no corpo de um indivíduo. Pode-se atingir este objetivo através da execução e interpretação dos resultados de medidas feitas com equipamentos portados pelos trabalhadores, ou de medidas da quantidade de material radioativo depositado em seus corpos, excretas ou fluidos.

A monitoração individual rotineira é feita através de medidas contínuas ou regularmente repetidas em um trabalhador individual.

A monitoração individual operacional é limitada no tempo e é feita durante operações ou série de operações específicas.

A monitoração individual especial é feita em casos reais ou suspeitos de anormalidades, incluindo acidentes.

A monitoração individual é um método simples, barato e de fácil interpretação que permite verificar o controle das condições de trabalho e os resultados de mudanças operacionais. Da mesma forma, pode-se recorrer à monitoração de área caso as técnicas ou instrumentos usados para estimar as doses equivalentes ou as incorporações individuais não sejam confiáveis. Desta maneira podemos dizer que a monitoração do local de trabalho tem um caráter preventivo, uma vez que avalia as doses dos trabalhadores antes que elas sejam recebidas por eles, enquanto que a monitoração individual tem um caráter confirmatório, pois estima as doses após terem sido recebidas pelos trabalhadores.

A interpretação dos resultados das monitorações baseia-se em um modelo que descreve de forma quantitativa a relação das grandezas medidas e estimadas com as grandezas usadas nos

limites básicos. O modelo é pré-requisito para a seleção adequada dos procedimentos das medidas e por isso é tão importante quanto as próprias medidas.

O modelo que vincula uma grandeza física diretamente medida a um padrão de radioproteção está, necessariamente, baseado em suposições selecionadas de modo a assegurar que os riscos de subestimar a irradiação de um indivíduo sejam aceitavelmente pequenos.

Se o uso de um modelo mais geral indicar que o padrão de radioproteção é, ou pode ser, excedido, deve-se adotar um novo modelo. O novo modelo deverá ser baseado em novas suposições que reflitam a situação real com maior precisão e deve manter pequeno o risco de sub ou superestimar a irradiação.

As monitorações têm como funções complementares a reavaliação do programa de monitoração, o estabelecimento de áreas controladas e o auxílio à supervisão médica dos trabalhadores.

A reavaliação do programa de monitoração deve ser feita periodicamente e sempre que as condições de trabalho forem melhoradas. Nesta reavaliação devem ser analisados a necessidade, o tipo, a frequência e a extensão das medidas, de modo a assegurar que os esforços de monitoração estão bem distribuídos. A experiência adquirida auxiliará na identificação dos bons e maus aspectos dos procedimentos de operação e das características do projeto do programa.

Os resultados da monitoração podem ser usados para a definição de áreas controladas em locais com fontes que provoquem somente irradiação externa. Para áreas com risco de contaminação de superfícies e do ar, os limites da área controlada serão estabelecidos em função da probabilidade de contaminação e não de sua presença real. Nesses casos a experiência adquirida em monitorações anteriores poderá servir de fundamento para a tomada de decisão.

As informações relativas à doses equivalentes, incorporações prováveis e condições gerais do local de trabalho, obtidas através de monitorações, afetam a forma e a intensidade da supervisão médica dos trabalhadores e, portanto, devem ficar à disposição da equipe encarregada desta supervisão.

3.2 - FICHAS DE AUDITORIA E MONITORAÇÃO DE ÁREA UTILIZADAS

Segundo algumas das normas nacionais^[12] e internacionais^[16], existem alguns parâmetros e condições de funcionamento e operação dos equipamentos emissores de radiações ionizantes, que têm reflexos importantes no nível de exposição de profissionais e pacientes. Estes parâmetros devem ser analisados quando se faz a verificação das condições de proteção radiológica de um serviço que utilize tais equipamentos.

O supervisor de proteção radiológica deve fornecer, por escrito, orientações relativas a procedimentos corretos e riscos inerentes ao trabalho com radiações ionizantes, para todos os profissionais envolvidos com estas atividades. Além disso, o responsável pela calibração e controle de qualidade dos equipamentos, deve fornecer orientações sobre as condições de funcionamento e operação destes, aos trabalhadores da instalação.

Foram confeccionadas algumas fichas para facilitar a verificação e a anotação dos parâmetros de funcionamento e condições de operação dos equipamentos, bem como os níveis de exposição a que estão sujeitos os profissionais dos serviços e suas vizinhanças.

As fichas de verificação de parâmetros de funcionamento e condições de operação dos equipamentos, chamadas de fichas de auditoria, servem para avaliar se os profissionais dos serviços estão seguindo as recomendações feitas pela proteção radiológica e pelos profissionais responsáveis pelo controle de qualidade dos equipamentos. Estas fichas funcionam como uma listagem de conferência de tudo o que deve ser verificado nos aparelhos ou em sua utilização, e são específicas para cada um dos serviços, de acordo com as características dos seus equipamentos.

As fichas elaboradas para verificação dos níveis de exposição dos profissionais dos serviços e pessoal de suas vizinhanças, chamadas fichas de monitoração de área, são de uso comum a todos os serviços.

3.2.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

Para os equipamentos de raios X as fichas de auditoria abrangem: parâmetros de aparelho, de operação e de utilização de proteções para o paciente e para o operador.

A tabela 3.01 mostra os aspectos de funcionamento e operação dos equipamentos de raios X que são particularmente importantes do ponto de vista de proteção radiológica. Alguns destes aspectos são importantes somente para um determinado tipo de equipamento, enquanto que outros o são para todos eles. Desta forma, os itens estão listados de acordo com o tipo de equipamento para o qual sua verificação é importante.

Os modelos das fichas de auditoria elaboradas para o RXD/HC e das fichas de monitoração de área, de uso comum em todos os serviços, encontram-se nas páginas seguintes.

3.2.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

As fichas descritas anteriormente, com exceção da ficha 4, foram utilizadas também no Laboratório de Cateterismo Cardíaco. Este laboratório possui um equipamento de raios X cuja utilização é diversa daqueles pertencentes ao RXD/HC com relação à finalidade. Em função disso, às fichas descritas anteriormente, foram acrescentadas outras que atendem às particularidades do laboratório.

No CC/HC os profissionais permanecem na sala de raios X durante todo o tempo dos exames, e as fichas apresentadas a seguir foram utilizadas para registrar as doses equivalentes encontradas para as regiões de olhos e tórax desses profissionais durante os diferentes procedimentos ali executados.

TABELA	3.01	-	PARÂMETROS	DE	FUNCIONAMENTO	E	OPERAÇÃO	DOS
EQUIPAMENTOS	DE	RAIOS	X,	IMPORTANTES	SOB	O	DE	VISTA
PROTEÇÃO	RADIOLÓGICA,	CLASSIFICADOS	DE	ACORDO	COM	O	TIPO	DE
EQUIPAMENTO								

EQUIPAMENTOS FIXOS DE USO GERAL E EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS

- existência de colimadores
- distância fonte-pele utilizada
- utilização de grade anti-difusora
- utilização de proteções pelo operador do aparelho
- utilização de dispositivos imobilizadores de paciente
- utilização de proteções para o paciente
- nível de radiação de fuga
- nível de exposição nas vizinhanças do aparelho

EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS

- utilização restrita aos casos necessários
- distância e posicionamento do operador com relação ao feixe útil
- distância de outros pacientes e profissionais
- posicionamento de pessoas com relação ao feixe útil

EQUIPAMENTOS FIXOS DE USO GERAL

- tipo de exame efetuado
- indicação luminosa do campo de radiação
- alinhamento do campo de radiação com o filme ou tela fluorescente
- ajuste automático do campo de radiação ao tamanho de filme utilizado
- nível de radiação nas vizinhanças do gerador de alta tensão

EQUIPAMENTOS FIXOS COM FLUOROSCOPIA

- existência, visibilidade, tempo máximo e alarme sonoro do "timer" utilizado para fluoroscopia
 - existência de dispositivos de proteção inerentes ao aparelho
 - utilização de proteções pelo operador do aparelho e todos cuja presença na sala de exames seja indispensável
 - nível de radiação na pele do paciente na entrada do feixe quando em fluoroscopia
-

FICHA 1 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA* - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO	SALA	DATA ... / ... / ...
CONDIÇÕES MÁXIMAS DE OPERAÇÃO :	-kVp	-mA
	-mAs	-s
COLIMADORES :	- ajustáveis	() S, N
	- luminosos	() S, N
CONES LOCALIZADORES :	- existência	() S, N
	- dimensões de campo visíveis	() S, N
FILTRAÇÃO :	- 1,5 mm Al fixo	() S, N
	- 1,0 mm adicional	() S, N
	- outros
DISTÂNCIA FONTE PELE :	≥ 45 cm	() S, N
	- dispositivo de medida	() S, N
TIMER :	- exatidão OK	() S, N
	- reprodutibilidade OK	() S, N
	- existência de "dead man"	() S, N
	- liberação prévia do disparador para repetir exposição	() S, N
INDICAÇÕES NO CONSOLE :	- kV	() S, N
	- mA	() S, N
	- t	() S, N
	- mAs	() S, N
	- controle automático de kV e mAs	() S, N
	- feixe "on"	() S, N
	- visualização do paciente	() S, N
	- comunicação com o paciente	() S, N
GRADE ANTIDIFUSORA :	- focalizada	() S, N
	- indicação do raio	() S, N
	- indicação do lado focal	() S, N
PROTEÇÕES DO OPERADOR :	- biombo	() S, N
	- avental	() S, N
	- protetor de tireóide	() S, N
	- luvas	() S, N

OBS: * - usar também a FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO)

FICHA 2 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA - VERIFICAR DURANTE EXAMES

EQUIPAMENTO SALA DATA .../.../...

LIMITAÇÃO DE CAMPO: - à área de interesse () S, N
 - ao tamanho do filme () S, N
 - alinhamento com o filme () S, N
 - ajuste automático () S, N

DISTÂNCIA FONTE PELE: - verificada () S, N
 - ≥ 45 cm () S, N

GRADE ANTIDIFUSORA: - distância foco-grade correta () S, N
 - alinhamento correto dos eixos () S, N

PROTEÇÕES DE OPERADOR: - avental () S, N
 - protetor de tireóide () S, N

ADAPTAÇÃO AO ESCURO: - há necessidade () S, N
 - $t \geq 10$ minutos () S, N

FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO) - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO SALA DATA .../.../...

TIPO DE FLUOROSCÓPIO: - tela fluorescente () S, N
 - intensificador de imagem () S, N
 - coincidência entre feixe,
 tela ou intensificador () S, N

COBERTURA DA TELA: - 1,5 mm Al () S, N
 - 2,0 mm Al () S, N
 - outros

TIMER: - $t_{máx} \leq 10$ minutos () S, N
 - visível ao radiologista () S, N
 - alarme sonoro ao término () S, N

DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO NO BUCKY (lâminas de Pb):
 - fenda () S, N
 - borda inferior () S, N
 - bordas laterais () S, N

OBS - VALORES RECOMENDADOS PARA COBERTURA DA TELA FLUORESCENTE:

 HV \leq 70 kVp => 1,5 mm Al
70 kVp < HV \leq 100 kVp => 2,0 mm Al
 HV > 100 kVp => 0,01 mm Al/kV adicional

FICHA 6 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS

EQUIPAMENTO EMISSOR DE RADIAÇÃO:

SALA: DATA: .../.../...

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DURANTE AS MEDIDAS:

RADIOGRAFIA -kVp mA mAs

FLUOROSCOPIA -kVp mAmAs

EQUIPAMENTO DE MEDIDA:

MARCA MODELO..... No.DE SÉRIE.....

FUGA DO CABEÇOTE (à 1 m de distância, área = 100 cm):

- $H < 1$ mSv/h () S, N
- $H \geq 1$ mSv/h () S, N

GERADOR DE ALTA TENSAO (à 5 cm): - $H \leq 0,2$ mSv/h () S, N

- $H > 0,2$ mSv/h () S, N

ESCOPIA (entrada do paciente): - $K \leq 50$ mSv/h () S,N

- $K > 50$ mSv/h () S,N

ESCOPIA (interior da sala): - 0,5 m do paciente $H = \dots$ mSv/h

- 1,0 m do paciente $H = \dots$ mSv/h

- 1,5 m do paciente $H = \dots$ mSv/h

EXTERIOR DA SALA (grafia): - console $H = \dots$ mSv/h

- porta (1) $H = \dots$ mSv/h

- porta (2) $H = \dots$ mSv/h

- sala vizinha (1) $H = \dots$ mSv/h

- sala vizinha (2) $H = \dots$ mSv/h

- sala vizinha (3) $H = \dots$ mSv/h

- piso superior $H = \dots$ mSv/h

- piso inferior $H = \dots$ mSv/h

CONCLUSAO - fuga OK () S, N

- gerador OK () S, N

- entrada paciente OK () S, N

- preenchimento da ficha de cálculo OK () S, N

OBS - LIMITES : - fuga < 1,0 mSv/h à 1 m

- gerador $\leq 0,2$ mSv/h à 5 cm

- entrada do paciente $\leq 50,0$ mSv/min

FICHA 7 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS E CÁLCULOS

EQUIPAMENTO EMISSOR DE RADIAÇÃO:

SALA:

DATA: .../.../...

EQUIPAMENTO DE MEDIDA:

MARCAMODELO.....No. DE SÉRIE.....

LOC. ⁰	CI ¹	T ²	U ³	W ⁴	\dot{X} ⁵ MÉDIA	DMA ⁶	\dot{H} ⁷	TMP ⁸
				(h/sem) (mAs/sem)	(mR/h)	(mSv/sem)	(mSv/sem)	(h/sem)
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								
I								

OBS: 0 - LOC = local de medida;

1 - CI = classe de indivíduos:

PG = público em geral;

OE = ocupacionalmente exposto;

2 - T = fator de ocupação;

3 - U = fator de uso;

4 - W = carga de trabalho;

5 - \dot{X} = taxa de exposição medida;

6 - DMA = dose máxima admissível;

7 - \dot{H} = dose equivalente;

8 - TMP = tempo máximo de permanência no local de modo a não ultrapassar o limite derivado semanal de dose equivalente.

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	

OBSERVAÇÕES:

FICHA 9 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE DURANTE FLUOROSCOPIA

PONTOS	TÓRAX		OLHOS	
	Ĥ sem prot. (mSv/h)	Ĥ com prot.* (mSv/h)	Ĥ sem prot. (mSv/h)	Ĥ com prot.* (mSv/h)
A				
B				
C				
D				

* - Proteção equivalente a 0,5 mm Pb.

FICHA 10 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE DURANTE CINEFLUOROGRAFIA

PONTOS	TÓRAX		OLHOS	
	Ĥ sem prot. (mSv/h)	Ĥ com prot.* (mSv/h)	Ĥ sem prot. (mSv/h)	Ĥ com prot.* (mSv/h)
A				
B				
C				
D				

* - Proteção equivalente a 0,5 mm Pb.

FICHA 11 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE MÉDIA TOTAL

PONTOS	TÓRAX		OLHOS	
	Ĥ sem prot. (mSv/h)	Ĥ com prot.* (mSv/h)	Ĥ sem prot. (mSv/h)	Ĥ com prot.* (mSv/h)
A				
B				
C				
D				

* - Proteção equivalente a 0,5 mm Pb.

FICHA 12 - DOSE EQUIVALENTE POR EXAME, COM E SEM DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO, E NÚMERO MÁXIMO DE EXAMES POR SEMANA

PONTOS	POSIÇÃO	SEM PROTEÇÃO		COM PROTEÇÃO ¹	
		H/exame ² (mSv)	exames por semana ³	H/exame ² (mSv)	exames por semana ³
A	TÓRAX				
	OLHOS				
B	TÓRAX				
	OLHOS				
C	TÓRAX				
	OLHOS				
D	TÓRAX				
	OLHOS				

- OBS: 1 - considera as proteções normalmente utilizadas;
 2 - considera o tempo médio por exame;
 3 - baseado nos limites derivados semanais.

3.2.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

O serviço de radioterapia/CAISM possui, conforme já visto, 01 simulador de radioterapia, 01 acelerador linear e 01 aparelho de cobalto - 60, além das fontes de césio 137.

Os aspectos de funcionamento do simulador que têm reflexos na proteção radiológica são aqueles já citados para os equipamentos de raios X; desta forma as fichas de auditoria utilizadas para os equipamentos do RXD/HC, com exceção da ficha 4, também serão utilizadas para o simulador.

ACELERADOR LINEAR E COBALTO - 60

- possibilidade de observação e comunicação com o paciente
- existência e localização dos indicadores de feixe "ON"
- existência, localização e funcionamento de "interlocks" de segurança contra entrada inadvertida na sala de tratamento
- existência e funcionamento de dispositivos de interrupção automática de feixe após o término do tratamento
- taxa de exposição nas vizinhanças do aparelho e da sala de tratamento, devido a radiação primária, de fuga, e espalhada
- transmissão de radiação pelos diafragmas e cones localizadores
- possibilidade de abertura da porta da sala de tratamento pelo seu interior
- medidas de controle de entrada e permanência na sala de tratamento
- existência de calibração inicial e periódica do equipamento
- existência de programas de controle de qualidade para o equipamento e todos os seus acessórios
- treinamento de trabalhadores

ACELERADOR LINEAR

- energias de fótons existentes
- energias de elétrons existentes
- existência e funcionamento de "interlocks" de segurança contra seleção errada dos parâmetros de irradiação
- existência e funcionamento do dispositivo de controle de rendimento do feixe de radiação
- taxa de exposição no feixe central e nas vizinhanças da sala de tratamento devido a nêutrons

APARELHO DE COBALTO - 60

- blindagem do recipiente da fonte
- tipo e funcionamento do obturador do feixe
- existência e localização de indicadores de posição da fonte
- existência de contaminação por fuga de material radioativo

O acelerador linear e o aparelho de cobalto - 60 emitem radiação com energia na faixa de MeV, e em função disto alguns dos itens a serem verificados em seu funcionamento são comuns. Por outro lado, existem aspectos que dependem fundamentalmente da maneira como é produzida a radiação e são, portanto, muito particulares a cada um deles. A tabela 3.02 mostra resumidamente os aspectos de funcionamento e operação do acelerador e do cobalto, separando os aspectos comuns dos específicos.

Com relação às fontes de césio - 137 usadas na braquiterapia, o controle deve abranger as fontes, seu armazenamento, manuseio, transporte e utilização, como pode ser visto na tabela 3.03, abaixo.

TABELA 3.03 - ASPECTOS IMPORTANTES RELATIVOS AO USO E
ARMAZENAMENTO DE FONTES DE BRAQUITERAPIA

FONTES:

- identificação, localização e integridade
-

ARMAZENAMENTO:

- localização, condições e controle de acesso do depósito, blindagem e mapa de localização das fontes para o cofre
-

MANUSEIO:

- adequação e treinamento de pessoal
-

TRANSPORTE:

- recipientes e registro de movimentação das fontes
-

TRATAMENTO:

- localização, condições, sinalização e acesso ao quarto além de treinamento e instruções específicas ao pessoal de atendimento
-

A seguir encontram-se as fichas de auditoria utilizadas no Serviço de Radioterapia/CAISM, separadas em aspectos comuns, controle de feixe de radiação e controle de taxa de exposição dos equipamentos acelerador linear e cobalto - 60. Além destas encontram-se também as fichas de auditoria relativas às fontes de braquiterapia.

FICHA 13 - APARELHOS DE MEGAVOLTAGEM - SEGURANÇA

EQUIPAMENTO: MARCA: MODELO:

TREINAMENTO DE PESSOAL: () S, N

OBSERVAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM O PACIENTE:

- possível à partir do console de controle () S, N

EXISTÊNCIA DE INDICADORES DE FEIXE "ON":

- no console de controle () S, N

- no interior da sala de tratamento () S, N

- na porta da sala de tratamento () S, N

INTERLOCKS PARA INTERRUPTÃO DA EXPOSIÇÃO:

- quando a porta da sala de tratamento é aberta
- existência () S, N

- funcionamento OK () S, N

- no console de controle
- existência () S, N

- funcionamento OK () S, N

- no interior da sala de tratamento
- existência () S, N

- funcionamento OK () S, N

- reinício de exposição somente a partir do console () S, N

PORTA DE ACESSO À SALA DE TRATAMENTO:

- símbolo de radiação () S, N

- acesso restrito () S, N

- abertura possível pelo lado interno da sala () S, N

FICHA 14 - ACELERADOR LINEAR - CONTROLE DE TAXA DE EXPOSIÇÃO

ENERGIAS DE FEIXES:

FÓTONS : MeV
ELÉTRONS: MeV

EQUIPAMENTO DE MEDIDA:

MARCA: MODELO: No. DE SÉRIE:

TAXA DE EXPOSIÇÃO DEVIDO À FÓTONS:

-isocentro taxa de exposição $\dot{X}_1 = \dots\dots\dots$
(cpo 10X10 cm²) taxa de dose absorvida $\dot{D}_1 = \dots\dots\dots$
- 1 m do isocentro, perpendicular ao eixo central $\dot{X} = \dots\dots\dots$
(a) $\leq 0,2 \% \text{ de } \dot{X}_1 ()$ $> 0,2 \% \text{ de } \dot{X}_1 ()$
- 1 m da trajetória dos elétrons,
(a) entre sua origem e o alvo $\dot{X} = \dots\dots\dots$
 $\leq 0,5 \% \text{ de } \dot{X}_1 ()$ $> 0,5 \% \text{ de } \dot{X}_1 ()$
- fuga nos diafragmas e cones limitadores de feixe
campo 10 X 10 cm² $\dot{X} = \dots\dots\dots$
 $< 10,0 \% \text{ de } \dot{X}_1 ()$ $\geq 10,0 \% \text{ de } \dot{X}_1 ()$

TAXA DE DOSE DEVIDO A NÊUTRONS:

- taxa de dose devido à nêutrons no isocentro
 $< 1,0 \% \text{ de } \dot{D}_1 ()$ $\geq 1,0 \% \text{ de } \dot{D}_1 ()$
- taxa de dose próximo ao console de controle
- ativação de componentes próximo ao alvo () S, N
- taxa de exposição devido a esta ativação
- tempo de espera necessário antes de efetuar-se
manutenção, caso haja ativação

FICHA 15 - ACELERADOR LINEAR - CONTROLE DO FEIXE DE RADIAÇÃO

INTERRUPÇÃO DA EXPOSIÇÃO:

- automática com o término do tratamento () S, N

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO:

- aceitação () S, N

- periódica () S, N

PROGRAMAS DE CONTROLE DE QUALIDADE:

A = ACEITAÇÃO

P = PERIÓDICO

- equipamento principal () A () P

- acessórios () A () P

- sistemas de registro () A () P

- sistemas de processamento de dados () A () P

MONITORES DE DOSE:

- câmaras de transmissão internas ao cabeçote () S, N

- dois sistemas independentes () S, N

- funcionamento do sistema mestre OK () S, N

- funcionamento do sistema substituto
após 0,4 Gy de falha do sistema mestre () S, N

INDICADOR DE UNIDADES DE MONITOR ACUMULADAS:

- presente no console de controle () S, N

INTERLOCKS DE SEGURANÇA:

- para tipo de feixe selecionado () S, N

- energia de feixe selecionada () S, N

- filtros utilizados () S, N

PARÂMETROS DE TRATAMENTO:

- visíveis do console de controle () S, N

FICHA 16 - COBALTO - 60 - CONTROLE DE FEIXE DE RADIAÇÃO

INTERRUPÇÃO DA EXPOSIÇÃO:

- automática com o término do tratamento () S, N
-

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO:

- aceitação () S, N
- periódica () S, N
-

PROGRAMAS DE CONTROLE DE QUALIDADE:

A = ACEITAÇÃO

P = PERIÓDICO

- equipamento principal () A () P
- acessórios () A () P
- sistemas de registro () A () P
- sistemas de processamento de dados () A () P
-

INDICADOR DE TEMPO DE TRATAMENTO ACUMULADO:

- presente no console de controle () S, N
-

OBTURADOR:

- tipo do obturador automático
rotatório () de gaveta móvel ()
- funcionamento (retorno à posição fechado)
ao término da exposição () S, N
em caso de queda de tensão () S, N
em caso de avaria no equipamento () S, N
- reinício da exposição
possível somente a partir do console () S, N
- obturador manual
existência () S, N
-

FUGA DE MATERIAL RADIOATIVO:

- contaminação verificada por esfregaço nos colimadores
atividade medidaBq
≤ 2,0 kBq () > 2,0 kBq ()
-

FICHA 17 - COBALTO - 60 - CONTROLE DE TAXA DE EXPOSIÇÃO

EQUIPAMENTO DE MEDIDA:

MARCA:

MODELO:

No. DE SÉRIE:

TAXA DE EXPOSIÇÃO DEVIDO AO FEIXE ÚTIL:

- no isocentro (campo 10 X 10 cm²)
 - taxa de exposição $\dot{X} = \dots\dots\dots$
 - taxa de dose absorvida $\dot{D} = \dots\dots\dots$
- a 1,0 m de distância da fonte
 - taxa de exposição $\dot{X}_{1m} = \dots\dots\dots$
 - taxa de dose absorvida $\dot{D}_{1m} = \dots\dots\dots$

TAXA DE DOSE EQUIVALENTE DEVIDO À RADIAÇÃO DE FUGA:

- ao redor do cabeçote
 - a 1,0 m da fonte, obturador fechado
 - $\leq 10,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - $> 10,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - obturador aberto
 - $\leq 10,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - $> 10,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
- a 5,0 cm da superfície da blindagem, obturador fechado
 - $\leq 200,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - $> 200,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
- na direção dos diafragmas permanentes
 - a 1,0 m da fonte, obturador fechado
 - $\leq 10,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - $> 10,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - obturador aberto
 - $\leq 10,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - $> 10,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
- a 5,0 cm da superfície obturador fechado
 - $\leq 200,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - $> 200,0$ mSv/h () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
- na direção dos colimadores
 - campo 10 X 10 cm²
 - $\leq 10,0\%$ de \dot{X}_1 () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - $> 10,0\%$ de \dot{X}_1 () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - colimadores fechados
 - $< 2,0 \%$ de \dot{X}_1 () $\dot{H} = \dots\dots\dots$
 - $\geq 2,0 \%$ de \dot{X}_1 () $\dot{H} = \dots\dots\dots$

FICHA 18 - ARMAZENAMENTO E USO DE FONTES DE BRAQUITERAPIA

FONTES:

- identificação de atividade visível () S, N
 - armazenadas em blindagem no interior do depósito () S, N
 - teste de integridade periódico () S, N
-

ARMAZENAMENTO:**- depósito:**

- isolado () S, N ventilado () S, N sinalizado () S, N
- acesso restrito a pessoas autorizadas () S, N

- cofre:

- blindagem adequada () S, N sinalizado () S, N
 - possui mapa de localização das fontes () S, N
-

MANUSEIO:

- restrito a pessoas treinadas e autorizadas () S, N
 - existência de proteções e instrumentos adequados () S, N
 - existência de registro de utilização () S, N
-

TRANSPORTE INTERNO:

- recipientes blindados () S, N
 - recipientes adequadamente identificados () S, N
 - existência de registro de movimentação das fontes () S, N
-

QUARTO DE TRATAMENTO:

- isolado () S, N - sinalizado () S, N
 - acesso restrito a pessoal treinado e autorizado () S, N
 - existência de dispositivos para comunicação e visualização do paciente () S, N
 - existência de equipamento de monitoração de área () S, N
 - existência de ficha de identificação de fontes () S, N
 - existência de orientações sobre procedimentos rotineiros e emergenciais () S, N
 - monitoração após o término do tratamento () S, N
-

3.3 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA MONITORAÇÃO DE ÁREA

As medidas foram realizadas com vários equipamentos. A escolha do equipamento a ser usado para uma dada medida foi feita em função da melhor adequação entre o tipo de feixe e os equipamentos disponíveis.

Para medidas em feixe ou vizinhanças de equipamentos de raios X, foram utilizados equipamentos cujo detector é a câmara de ionização, enquanto que para medidas em áreas com materiais radioativos e suas vizinhanças foram usados detectores Geiger-Müller.

3.3.1 - CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS

3.3.1.1 - EQUIPAMENTOS COM CÂMARA DE IONIZAÇÃO

"Chambre d'ionization Portative - BABYLINE 20" - NARDEAUX

- detector: câmara de ionização a ar, não selada;
- volume da câmara: $515 \pm 3 \text{ cm}^3$;
- espessura da parede: 7 mg/cm^2 ;
- capa de equilíbrio: equivalente a 300 mg/cm^2 ;
- faixas de medidas:
 - taxa: 0 - 1, 10 rad/h
 - 0 - 10, 100 mrad/h
- integração: uma escala de integração;
- tempo de resposta: < 5 segundos para 90% de todas as escalas;
- precisão: $> \pm 7\%$ a 20°C ;
- variação da resposta com a temperatura: $< \pm 25\%$ entre -10°C e $+50^\circ \text{C}$, com relação a 20°C ;
- variação da resposta com a energia: vide figura 3.01 a seguir.

"PORTABLE HEALTH SURVEY SYSTEM 660" - VICTOREEN

Eletrômetro 660-1 + Câmara de Ionização 660-4

- detector: câmara circular a ar, de placas paralelas e não selada;
- faixa de medidas:
 - integração: 0,1 mR a 99,9 R;
 - taxa: 0,001 R/min a 99,9 R/min;
- volume da câmara: $6,0 \text{ cm}^3$;
- área de medida: 10 cm^2 ;
- precisão: $< 1\%$ a curto prazo e 2% por ano a $20^\circ \pm 2^\circ \text{C}$, além das variações com densidade do ar e resposta com a energia;
- exatidão: $> \pm 5\%$ para ^{137}Cs a $20^\circ \pm 2^\circ \text{C}$;
- calibração: dentro de 5% para ^{137}Cs ;
- limite de intensidade: $1,8 \text{ R/s}$;
- variação com a energia: $\pm 10\%$ entre 20 e 660 keV;
 $\pm 20\%$ entre 20 keV e 1,25 MeV;
- umidade relativa: 0-95% ou melhor, sem condensação;
- variação da resposta com a temperatura: $\pm 10\%$ entre 10 e 40°C excluindo a correção de densidade do ar;

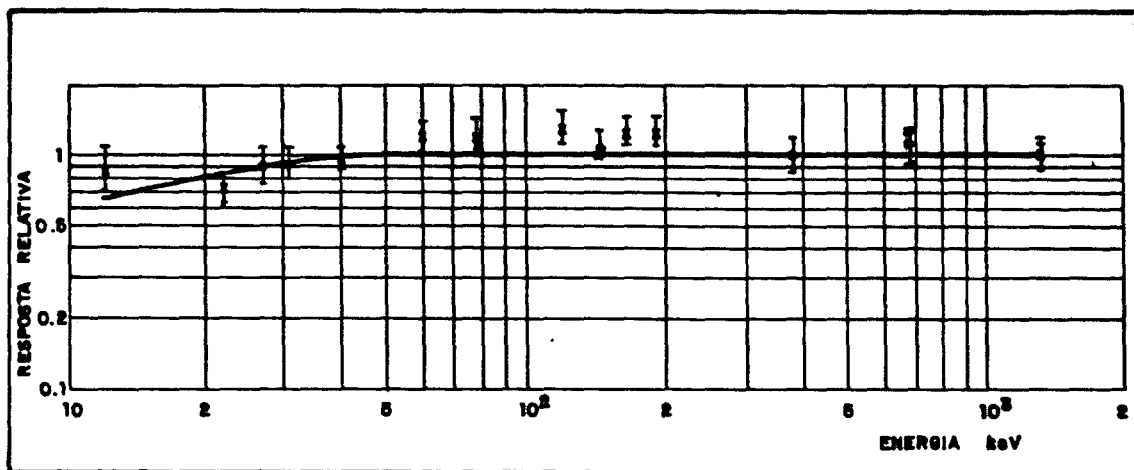


FIGURA 3.01 - VARIAÇÃO DA RESPOSTA COM A ENERGIA - BABYLINE
20

"PANORAMIC SURVEY METER 470A" - VICTOREEN

- detector: câmara de ionização não selada;
- volume da câmara: 275 cm³;
- espessura da parede: 17 mg/cm²;
- espessura da capa de equilíbrio: 500 mg/cm²;
- faixa de medidas:
 - taxa: 0 - 3, 10, 30, 100, 300, 1000 mR/h e R/h;
 - integração: 0 - 3, 10, 30, 100, 300, 1000 mR/h;
- resposta com a energia:
 - + 15% entre 8 keV e 300 keV sem capa;
 - + 10% entre 40 keV e 2 MeV com capa;
 (vide figura 3.02);
- tempo de resposta:
 - 8 segundos na escala de 3 mR/h;
 - 3 segundos na escala de 10 mR/h;
 - 2 segundos na escala de 30 mR/h;
 - 1,5 segundos na escala de 100 mR/h e 300 mR/h;
- faixa de temperatura: - 29° + 49° C;
- faixa de umidade: 0 - 95% , sem condensação;
- fuga de zero com a temperatura:
 - 6% por 10° C na escala de 3 mR/h e 3 R/h;
 - 2% por 10° C na escala de 10 mR/h e 10 R/h;
 - 0,6% por 10° C na escala de 30 mR/h e 30 R/h;
 pode ser completamente eliminado zerando-se o equipamento;

"PRECISION ELECTROMETER 500 + CÂMARA DE IONIZAÇÃO PTW 23333"

- VICTOREEN
- detector: câmara de ionização tipo Farmer;
- volume da câmara: 0,6 cm³;
- faixa de medidas:
 - taxa: 0 - 9,999; 99,99; 999,9 R/min;
 - integração: 0 - 9,999; 99,99; 999,9 R;
- precisão: dentro de 0,01% da escala total;
- exatidão (medidas de corrente e carga): dentro de 0,5% da escala total;
- variações de linearidade: dentro de 0,03% da escala total;
- tempo de resposta (0 - 90% da escala total): 2,3 segundos;

- faixa de temperatura: 10° a 40°C;
- estabilidade com a temperatura: 0,03% por °C;
- faixa de umidade: 0 - 80% , sem condensação;

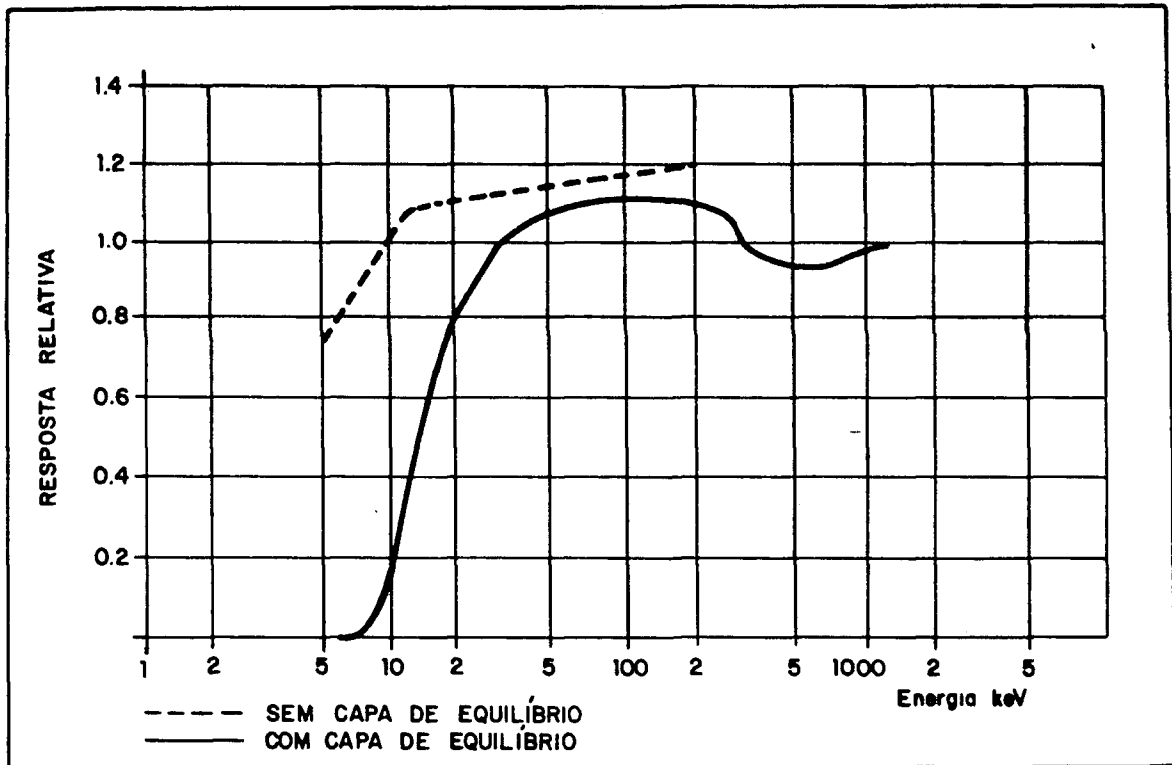


FIGURA 3.02 - CURVA DE RESPOSTA COM A ENERGIA - 470A

3.3.1.2 - EQUIPAMENTOS COM TUBOS GEIGER - MÜLLER

"VAMP AREA MONITOR 808E" - VICTOREEN

- detector: tubo Geiger - Müller halogenado;
- faixa de medidas:
escala logarítmica de três décadas:
0,1 a 100 mR/h; 0,01 a 10 mR/h; 1 a 1000 mR/h;
1 a 1000 mSv/h; 0,1 a 100 mSv/h;
0,01 a 10 mSv/h; 0,1 a 100 mSv/h;
- exatidão: dentro de 10% da leitura entre 10% e 100% da escala total;
indicações em qualquer faixa, excluindo dependência energética;
- calibração: dentro de 15% para ^{137}Cs ;
- resposta com a energia: - 20% entre 80 keV e 2 MeV;
(vide figura 3.03);
- tempo de resposta: alarme em menos que 1 segundo para intensidade igual a duas vezes o ajuste do alarme;
- faixa de temperatura: - 30° a + 50°C;
dependência com a temperatura dentro de 15% por °C;
- faixa de umidade: 0 - 99% , sem condensação;
- indicador de funcionamento:
visual: lâmpada branca no painel indica funcionamento normal;
- alarmes de alto nível de radiação (ajustável):
visual: lâmpada vermelha no painel;

sonoro: "bip" sonoro alternado;
 reset: manual ou automático.

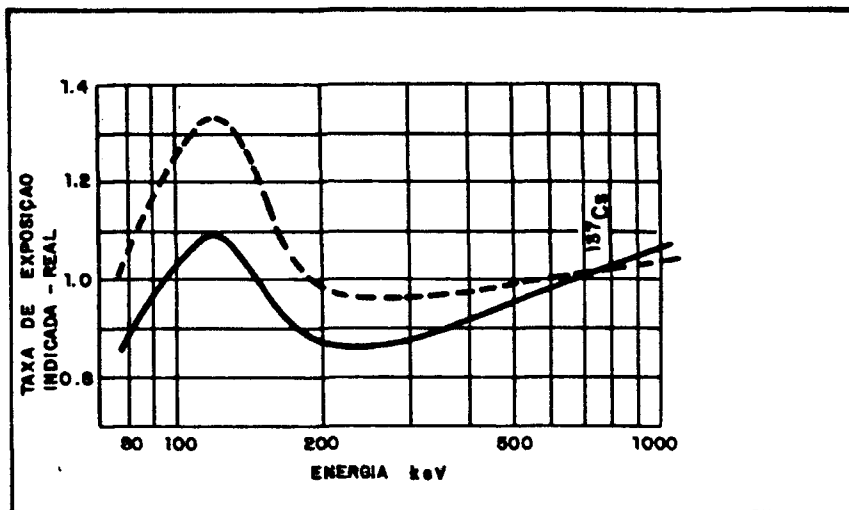


FIGURA 3.03 - CURVA DE DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA - 808E

"GENERAL PURPOSE SURVEY METER 491" - VICTOREEN

- detector: tubo Geiger - Müller modelo 491-30;
- faixa de medidas:
 0 a 0,1 mR/h; 0 a 0,3 mR/h, até 0 a 100 mR/h, em 7 escalas lineares;
 corresponde a 150, 450 a 150.000 cpm quando usado com o tubo 491-30, calibrado com ^{137}Cs ;
- exatidão: $\pm 10\%$ da escala total em todas as faixas com concordância melhor que $\pm 5\%$ da escala total quando calibrado com ^{137}Cs ;
- resposta com a energia: vide figura 3.04;
- tempo de resposta: 12, 5 e 0,8 segundos;
- faixa de temperatura: $- 40^{\circ}$ a $+ 51^{\circ}\text{C}$;

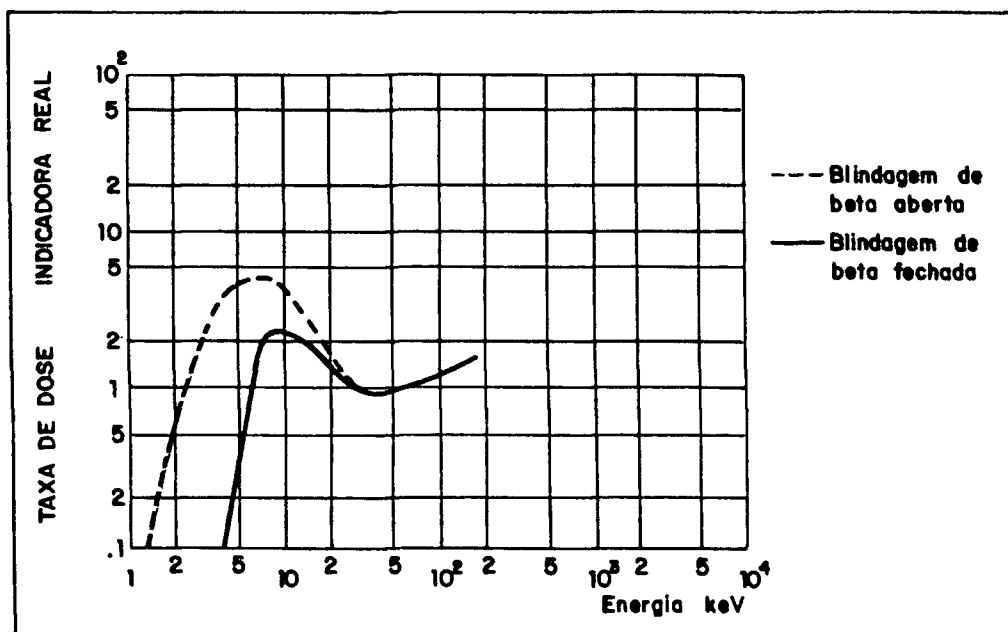


FIGURA 3.04 - CURVA DE RESPOSTA COM A ENERGIA - 491 + 491-30

"MEDIDOR DE RADIAÇÃO NDG 50R" - NORTRON

- detector: tubo Geiger - Müller halogenado;
- faixa de medidas: 0 - 10, 100, 1000 mR/h e 50 R/h;
- precisão: $\pm 10\%$ para ^{60}Co ;
- resposta com a energia: 50 keV a 3 MeV;
- faixa de temperatura: $- 10^{\circ}\text{C}$ a $+ 50^{\circ}\text{C}$.

3.4 - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

Os equipamentos de proteção individual (EPI) usados nos diferentes setores enfocados neste trabalho, variam de acordo com as características de feixe e condições de exposição encontradas em cada um deles. Em todos os setores aqui considerados os profissionais envolvidos nos procedimentos com radiações ionizantes usam monitores de dose individuais. Esses monitores, apesar de não serem considerados como EPI, auxiliam na determinação de falhas de procedimentos e colaboram, desta forma, para a proteção individual dos trabalhadores.

3.4.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

No RXD/HC são realizados muitos exames usando somente radiografia. Nestes casos, após posicionar o paciente, o técnico sai da sala e aciona o aparelho a partir do console de controle, localizado em seu exterior. Desta forma não há necessidade do uso de equipamentos de proteção individual.

Durante a maioria dos exames contrastados, que envolvem fluoroscopia, há necessidade de que profissionais técnicos e médicos permaneçam no interior da sala de exames. Nestes casos os EPI são: aventais de borracha plumbífera de espessura equivalente a 0,25 e 0,5 mm de chumbo. Existem também no RXD/HC algumas luvas de borracha plumbífera, com espessura equivalente a 0,10 mm de chumbo, para serem usadas caso haja necessidade de interposição das mãos no feixe de raios X.

A decisão entre a utilização de um avental de 0,25 ou 0,5 mm de chumbo é função do tempo previsto para permanência na sala de exames, usando fluoroscopia. Caso este tempo seja longo, é preferível o uso dos aventais de 0,25 mm que, por serem mais leves, possibilitam a utilização por todo o tempo necessário. A exposição que resultaria, caso usassem o avental de 0,5 mm de Pb e o retirassem antes do fim dos exames, seria maior que aquela resultante do uso contínuo do avental de 0,25 mm^[17].

3.4.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

Todos os exames realizados no CC/HC envolvem a introdução de catéteres e seu acompanhamento através do corpo do paciente por meio de fluoroscopia. Além disso, como os pacientes normalmente estão debilitados e o exame envolve riscos, há necessidade da presença de vários profissionais na sala para prestar-lhes assistência. Todos estes profissionais usam aventais de borracha plumbífera, com espessura equivalente a 0,5 mm de chumbo, e protetores de tireóide com espessura equivalente a 0,5 mm de chumbo.

O médico que faz a introdução do catéter é o profissional exposto ao maior nível de radiação dentro do laboratório, devido à sua proximidade do feixe primário. Atualmente está

instalada, no teto da sala de exames, uma blindagem de vidro plumbífero que auxilia na proteção deste profissional.

3.4.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

Os tratamentos realizados na RXT/CAISM utilizando o acelerador linear e o aparelho de cobalto-60 não requerem o uso de EPI.

Para braquiterapia utiliza-se a técnica de "after-loading". Durante a montagem das sondas contendo as fontes de ^{137}Cs , os técnicos posicionam-se atrás de uma barreira de chumbo e trabalham com pinças longas. Tanto para a introdução das sondas como durante a prestação de cuidados ao paciente, os profissionais posicionam-se atrás de blindagens de chumbo. As blindagens do quarto de braquiterapia são móveis, permitindo seu deslocamento para a posição mais adequada, de modo a protegê-los melhor.

3.5 - PONTOS DE MONITORAÇÃO DE ÁREA

Os pontos de monitoração de área foram selecionados visando uma avaliação das blindagens das salas em todas as suas vizinhanças.

As paredes atingidas por feixes primários foram monitoradas com o feixe incidindo perpendicularmente sobre elas. Para medida de radiação secundária, foram colocados manequins sob o feixe primário, para simular o corpo de paciente. Os manequins utilizados foram placas de acrílico com 40 X 40 cm, superpostas e com espessura total equivalente a 20 cm de água, ou manequins com formato humano, especiais para medidas e testes em feixes de raios X diagnóstico e teleterapia, conhecidos como Felipe e Pixie.

A seguir estão listados os pontos de monitoração de área de cada setor avaliado.

3.5.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

No RXD/HC foram monitorados as vizinhanças de um aparelho portátil e o interior e vizinhanças de uma sala de aparelho fixo.

A figura 3.05, a seguir, mostra esquematicamente os pontos de monitoração do aparelho portátil com sua descrição colocada na tabela 3.04.

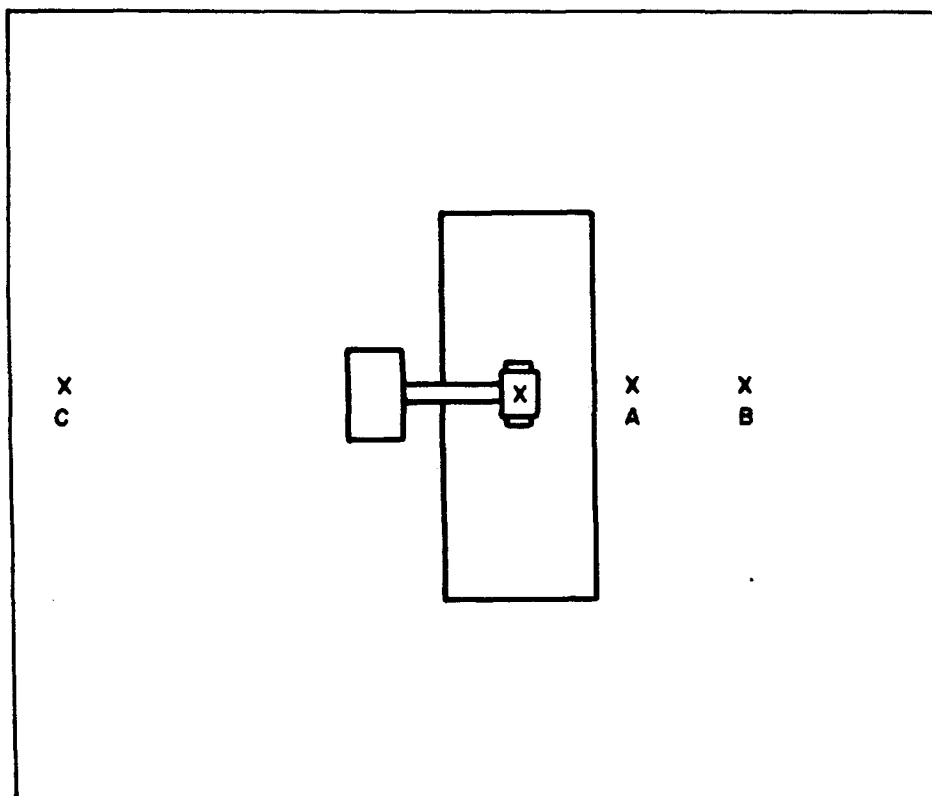


FIGURA 3.05 - PONTOS USADOS NA MONITORAÇÃO DO LOCAL DE TRABALHO NAS VIZINHANÇAS DO APARELHO PORTÁTIL MOBILETT - SIEMENS

A figura 3.06 mostra o posicionamento do aparelho fixo de raios X analisado e as vizinhanças da sala onde se encontra.

TABELA 3.04 - PONTOS USADOS NA MONITORAÇÃO DE ÁREA NAS VIZINHANÇAS DO APARELHO PORTÁTIL DE RAIOS MOBILETT - SIEMENS

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO
A	cerca de 0,5 m do centro do feixe
B	cerca de 1,0 m do centro do feixe
C	cerca de 2,0 m do centro do feixe

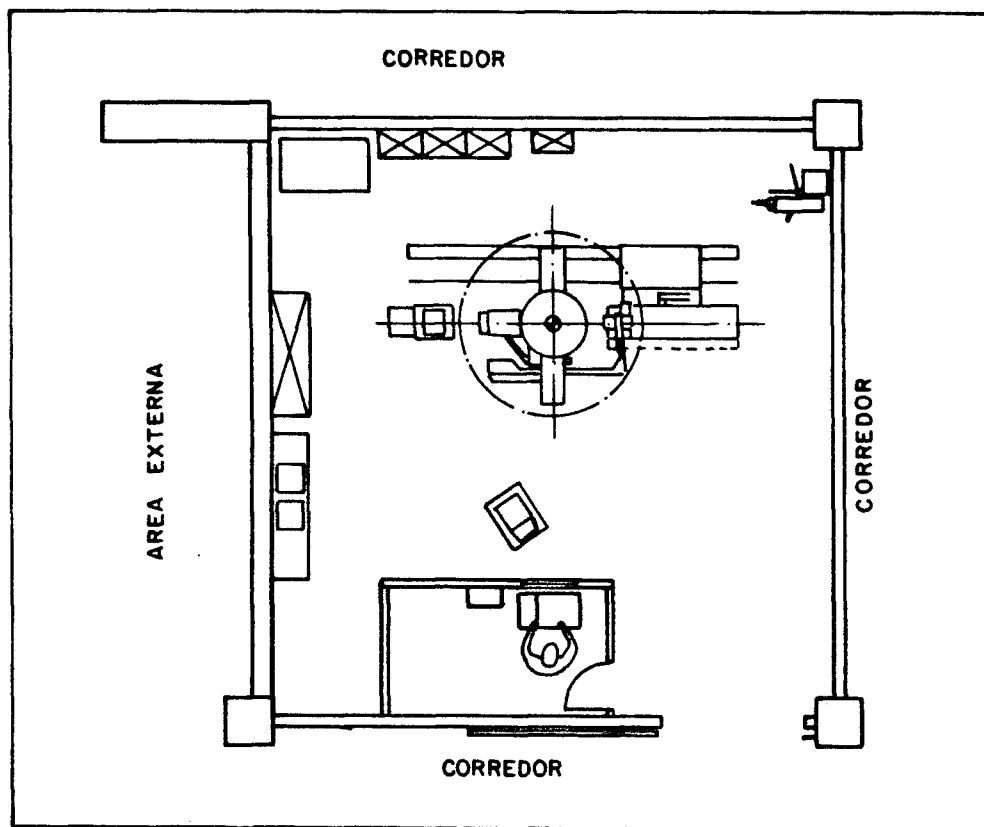


FIGURA 3.06 - PLANTA DA SALA ONDE SE ENCONTRA O APARELHO DE RAIOS X MIMER III - SIEMENS

3.5.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

No CC/HC as monitorações foram feitas no interior e exterior da sala, de modo a avaliar a exposição dos profissionais do laboratório e de suas vizinhanças.

Para avaliar as doses recebidas pelos trabalhadores durante os procedimentos de cateterismo cardíaco, foram realizadas medidas no interior da sala de tratamento, nas posições ocupadas pelos trabalhadores e descritas na tabela 3.05 a seguir (vide figura 3.07).

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO ¹	PROFISSIONAL
A	cerca de 50 cm	CARDIOLOGISTA
B	cerca de 68 cm	INSTRUMENTADOR
C	cerca de 85 cm	INJETOR DE CONTRASTE
D	cerca de 112 cm	CIRCULANTE

OBSERVAÇÃO: 1 - a localização é relativa ao centro do feixe;
 - as posições ocupadas pelo profissional que faz a injeção de contraste (C) e pelo circulante (D) não são fixas, mas foram assim consideradas por corresponderem às suas localizações durante a maior parte do tempo.

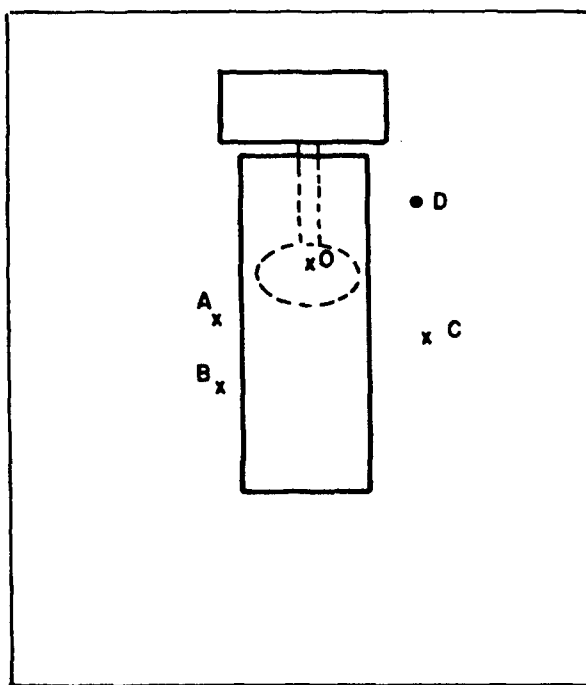


FIGURA 3.07 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO INTERIOR DO LABORATÓRIO DE CC/HC, MOSTRANDO OS PONTOS DESCRITOS NA TABELA 3.05. O PONTO O CORRESPONDE AO CENTRO DO FEIXE

A tabela 3.06 a seguir fornece a localização dos pontos mostrados na figura 3.08, referentes à monitoração das áreas vizinhas ao laboratório de cateterismo .

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO
A	console de controle
B	sala de expurgo
C	sala do gerador e depósito de materiais
D	sala do tomógrafo (RXD)
E	corredor interno da Radiologia - direção da porta
F	corredor interno da Radiologia - direção da parede
G	corredor externo

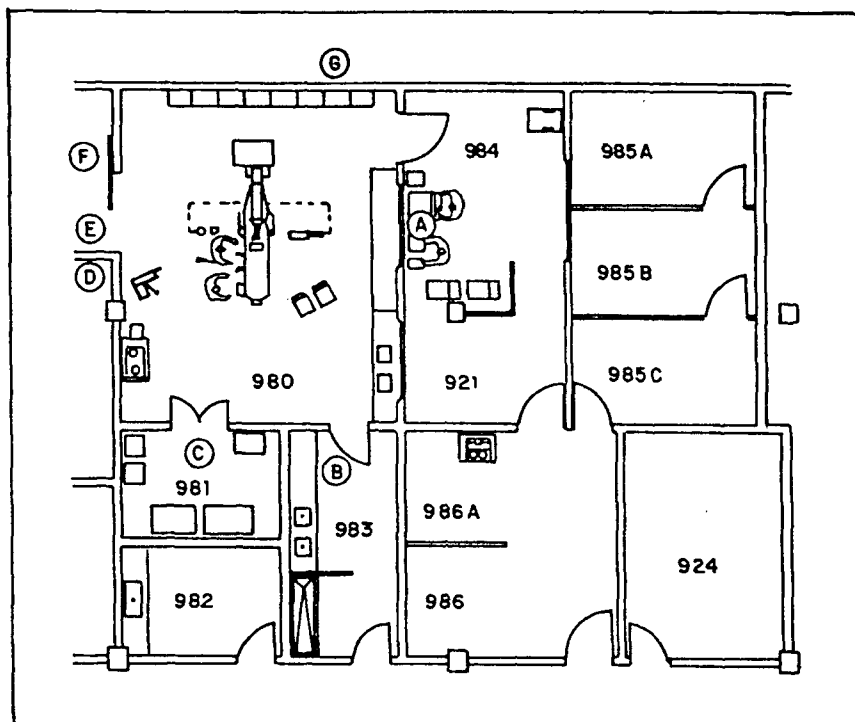


FIGURA 3.08 - PLANTA COM OS PONTOS DESCRITOS NA TABELA 3.06

3.5.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

Na RXT/CAISM foram feitas monitorações para o simulador, para o acelerador linear, para o aparelho de cobalto-60 e para a braquiterapia. No caso da braquiterapia, foram monitorados o interior e as vizinhanças do depósito de fontes e do quarto destinado à internação de pacientes. As monitorações foram feitas com todas as fontes no cofre (43,86 GBq), e com paciente internada sob radiomoldagem com 6,51 GBq de atividade de ^{137}Cs .

As tabelas 3.07 a 3.11, com a descrição dos pontos de monitoração, e as figuras 3.09 a 3.15, referentes ao acelerador linear, ao aparelho de cobalto-60 e à

braquiterapia, encontram-se nas páginas seguintes.

TABELA 3.07 - PONTOS USADOS NA MONITORAÇÃO DE ÁREA NAS VIZINHANÇAS DA SALA DO ACELERADOR LINEAR

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO
A	sala do cobalto
B	porta da sala do AL
C	corredor interno
D	depósito de materiais
E	corredor externo
F	corredor externo
G	corredor externo
H	corredor externo
I	laje - piso superior
J	refrigeração - piso superior
K	buraco de passagem do cabo do dosímetro

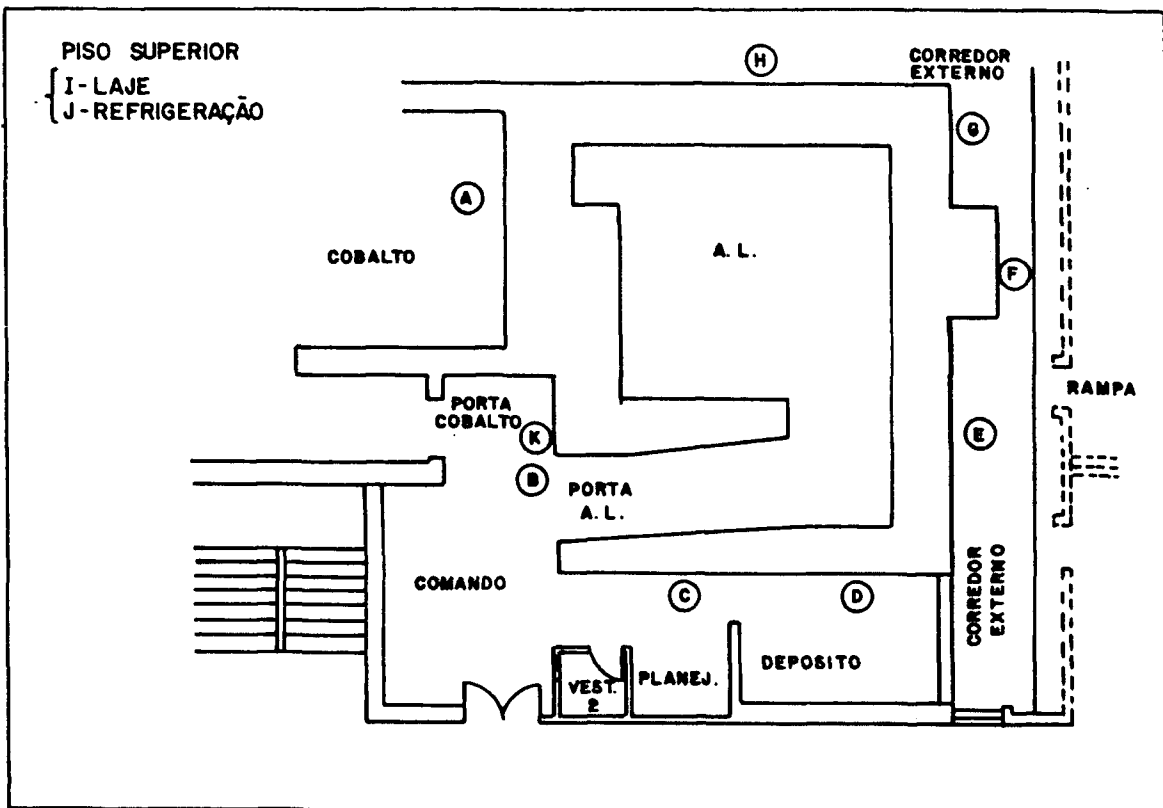


FIGURA 3.09 - PLANTA COM OS PONTOS DESCRITOS NA TABELA 3.07

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO
A	porta da sala do Co-60
B	console de controle
C	escada
D	sala do AL
E	sala do AL
F	corredor externo
G	corredor externo
H	corredor externo
I	teto
J	teto
K	ducto para cabo de dosímetro

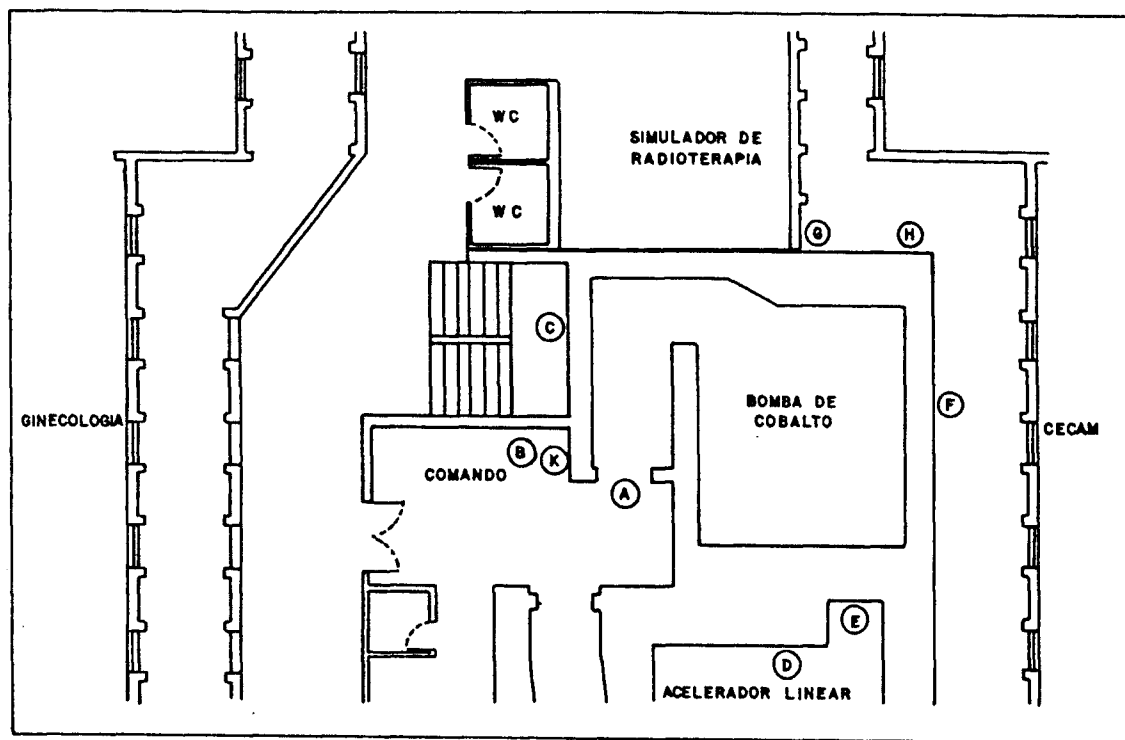


FIGURA 3.10 - PLANTA COM OS PONTOS DESCRITOS NA TABELA 3.08

TABELA 3.09 - PONTOS USADOS NA MONITORAÇÃO DE ÁREA NO INTERIOR DO DEPÓSITO DAS FONTES DE CÉSIO-137, COM TODAS AS FONTES NO COFRE (43,86 GBq)

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO
A	atrás do biombo - altura do tórax
B	atrás do biombo - altura dos olhos
C	posição usada para anotações no livro de registros
D	porta do cofre
E	superfície frontal superior do cofre
F	superfície frontal inferior do cofre
G	superfície superior do cofre
H	superfície lateral direita do cofre
I	superfície lateral esquerda do cofre
J	superfície posterior do cofre

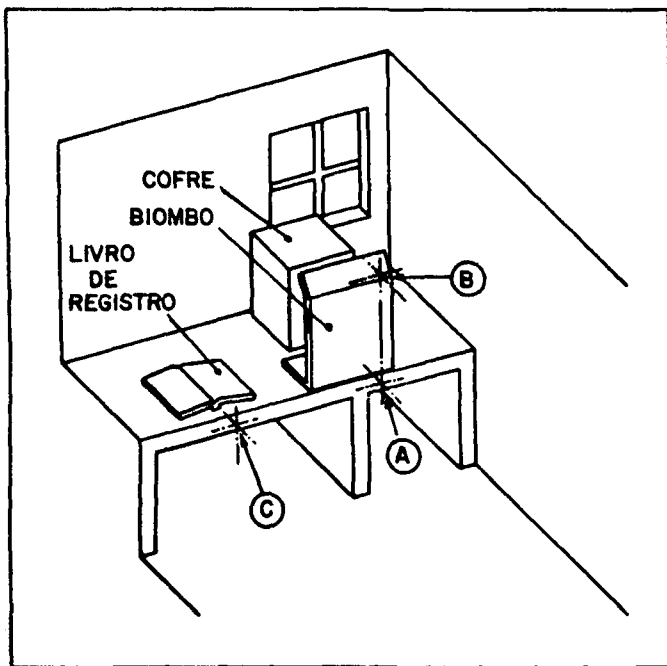


FIGURA 3.11 - VISTA FRONTAL DO DEPÓSITO DAS FONTES DE CÉSIO-137 COM OS PONTOS DE MONITORAÇÃO DE ÁREA

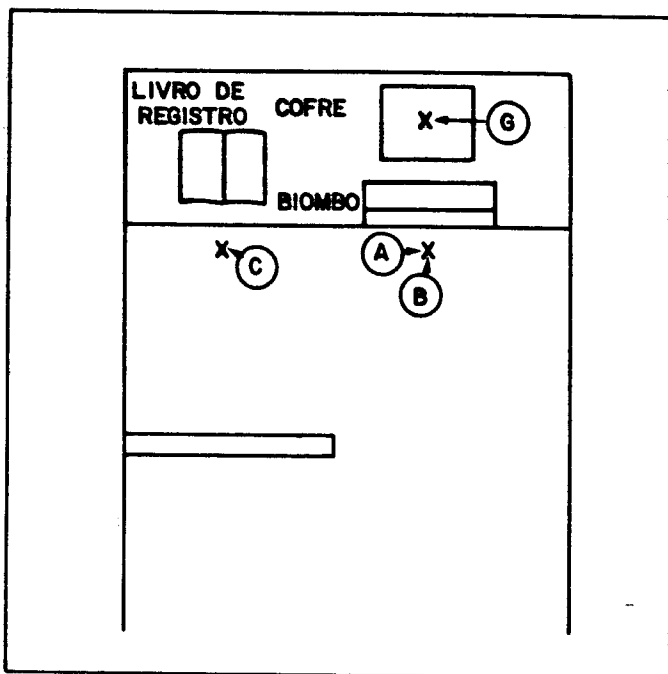


FIGURA 3.12 - VISTA SUPERIOR DO DEPÓSITO DAS FONTES DE CÉSIO-137 COM OS PONTOS DE MONITORAÇÃO DE ÁREA

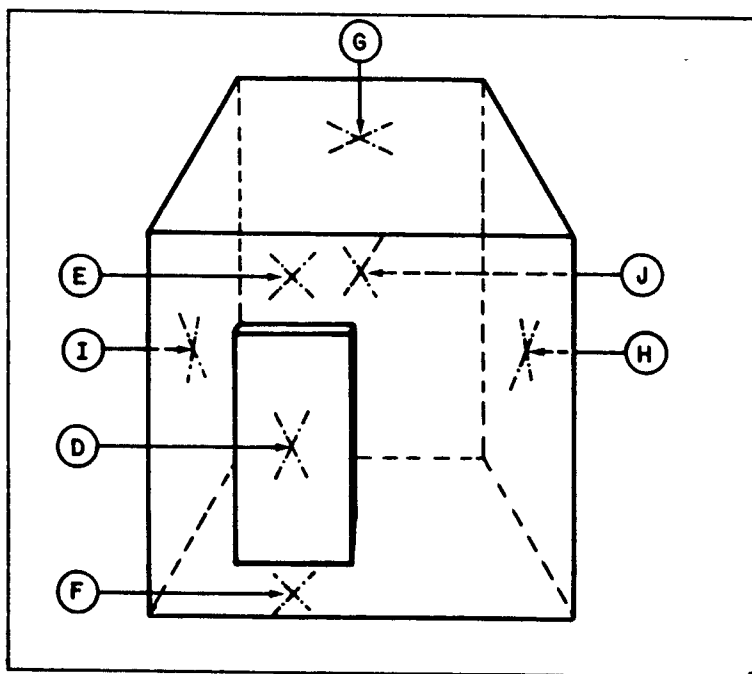


FIGURA 3.13 - PONTOS DE MONITORAÇÃO DAS VIZINHANÇAS DO COFRE USADAS EM DE ARMAZENAMENTO DAS FONTES DE CÉSIO-137, EM BRAQUITERAPIA

TABELA 3.10 - PONTOS USADOS NA MONITORAÇÃO DE ÁREA NO
 INTERIOR E VIZINHANÇAS DO QUARTO DE BRAQUITERAPIA, COM
 PACIENTE INTERNADA SOB RADIOMOLDAGEM COM 6,51 GBq DE
 CÉSIO-137

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO	PISO (ANDAR)
A	lateral da cama, sem biombo (*)	1o. piso
B	lateral da cama, com biombo (*)	1o. piso
C	coletor de urina (*)	1o. piso
D	direção do pé da cama, sem biombo (*)	1o. piso
E	porta interna do quarto (*)	1o. piso
F	corredor	1o. piso
G	sala de curativos	1o. piso
H	sala de exames	1o. piso
I	depósito de fontes	1o. piso
J	banheiro de funcionários	1o. piso
K	sala de expurgo	1o. piso
L	sala de reuniões	1o. piso
M	escada	1o. piso
N	sala de exames - termografia/maca	piso térreo
O	sala de exames - termog./centro e mesa	piso térreo
P	sala de laudos - termografia	piso térreo
Q	corredor	piso térreo
R	depósito da central de materiais	2o. piso
S	banheiro	2o. piso
T	copa	2o. piso
U	corredor	2o. piso

OBS: * - regiões do interior do quarto de braquiterapia.

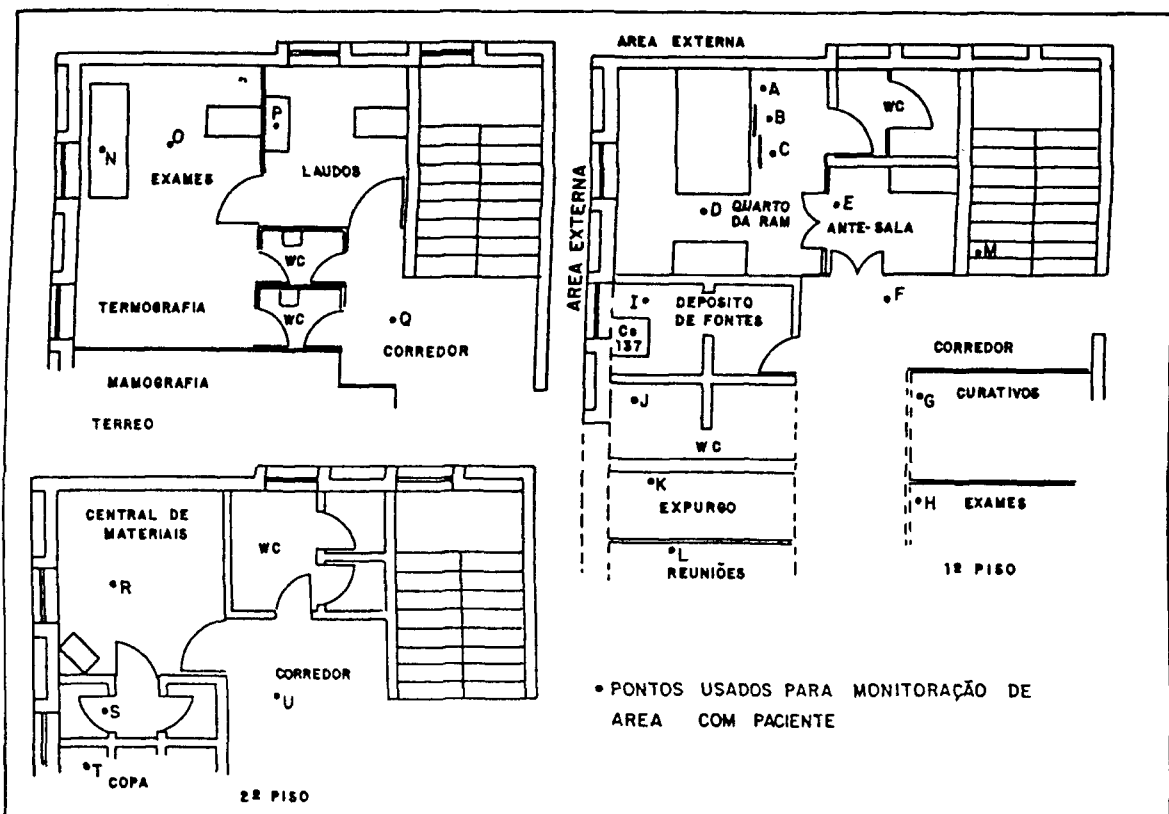


FIGURA 3.14 - PLANTA COM OS PONTOS DESCRITOS NA TABELA 3.10

TABELA 3.11 - PONTOS USADOS NA MONITORAÇÃO DE ÁREA NAS VIZINHANÇAS DO DEPÓSITO DAS FONTES DE CÉSIO-137, COM TODAS AS FONTES NO COFRE (43,86 GBq)

FICHA 8 - DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DA FICHA 7

PONTO	LOCALIZAÇÃO	PISO (ANDAR)
A	corredor/porta do depósito	10.º piso
B	banheiro de funcionários	10.º piso
C	sala de expurgo	10.º piso
D	sala de reuniões	10.º piso
E	sala de exames - termografia	piso térreo
F	sala de exames - mamografia	piso térreo
G	depósito da central de materiais	20.º piso
H	banheiro	20.º piso

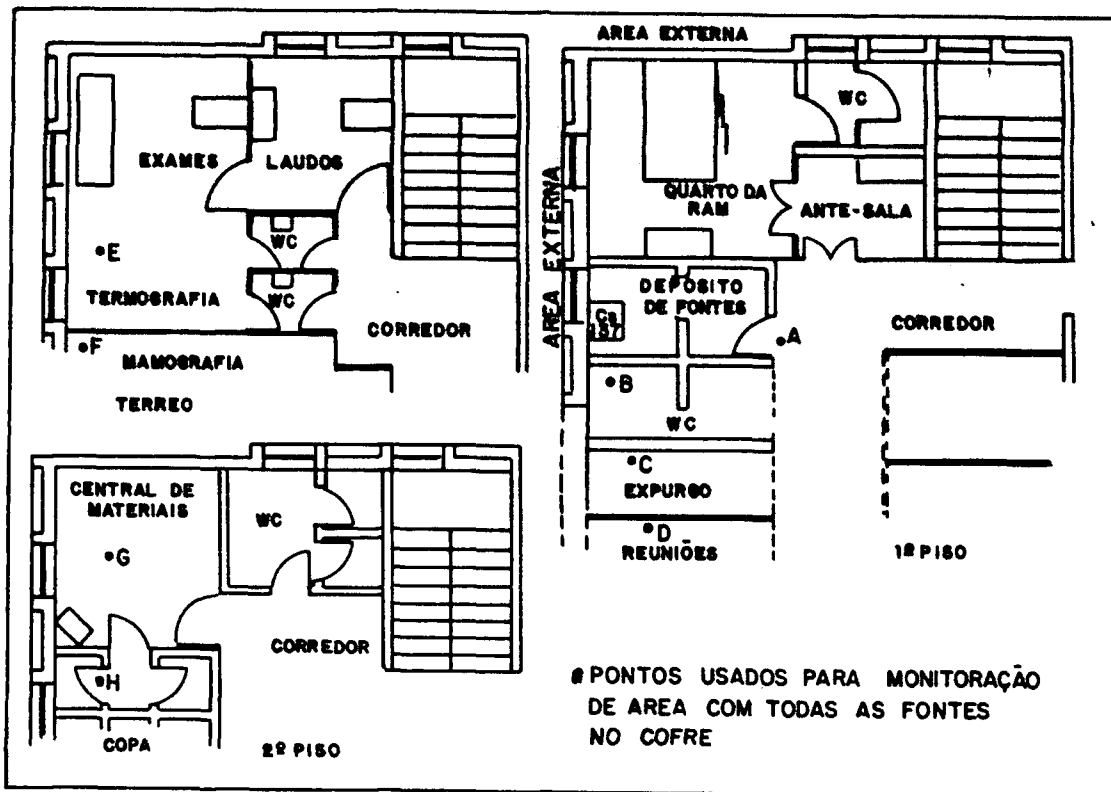


FIGURA 3.15 - PLANTA COM OS PONTOS DESCRITOS NA TABELA 3.11

3.6 - PROCEDIMENTOS UTILIZADOS PARA AS MONITORAÇÕES

Os procedimentos utilizados para as monitorações foram diferenciados em função das características de local e de uso de cada equipamento ou fonte emissora de radiação ionizante. Encontram-se a seguir as descrições destes procedimentos, dos motivos que levaram a sua utilização e de outros fatores considerados para o cálculo de dose equivalente.

3.6.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

3.6.1.1 - APARELHO PORTÁTIL DE RAIOS X

O painel de controle do aparelho portátil de raios X analisado fornece informações somente sobre a tensão de operação (kVp) e o produto da corrente de tubo pelo tempo de exposição (mAs). Além disso, quanto maior a tensão, menor o mAs máximo e, conseqüentemente, o tempo de exposição. Assim sendo, não foi possível fazer monitoração usando as condições máximas de operação. Em função disso, optou-se por realizar as medidas usando a tensão mais comumente encontrada na prática, ou seja, aquela utilizada para exames de tórax, que são responsáveis por cerca de 80% da carga de trabalho do aparelho.

Em função do pequeno tempo de exposição não foi possível utilizar os equipamentos com câmara de ionização. As medidas foram, então, feitas com um detector Geiger-Müller.

a) Radiação de Fuga do Cabeçote

As medidas de radiação de fuga do tubo foram feitas com os colimadores totalmente fechados e blindados com placas de 4,6 mm de chumbo. As condições de operação do aparelho de raios X durante estas medidas foram 63,0 kVp e 140 mAs. As medidas foram realizadas a 30,0 cm de distância do centro do tubo e os resultados foram corrigidos pela lei do inverso do quadrado para que, depois de aplicados os fatores de correção para considerar as condições máximas de operação, pudessem ser comparados com o limite estabelecido.

Porém, em função das limitações do aparelho portátil de raios X analisado, não foi possível estabelecer um valor de taxa de exposição devido à radiação de fuga que pudesse ser comparado ao padrão estabelecido.

Futuramente será feita uma análise da possibilidade de realizar medidas de tempo de exposição e corrente do tubo, tanto nas condições de medida como nas condições máximas de operação, e, desta forma, comparar os resultados da monitoração para radiação de fuga com o valor padrão estabelecido. Além disso, será feita também a análise da possibilidade de utilização de uma câmara de ionização com volume maior e tempo de resposta desprezível para a realização dessa monitoração.

b) Vizinhanças do Aparelho

A monitoração de área nas vizinhanças do MOBILETT -

SIEMENS foi feita com o feixe incidindo sobre o tórax da PIXIE, colimadores totalmente abertos e as condições de operação do aparelho de raios X foram 63,0 kVp e 140,0 mAs. Nestas condições foi possível realizar medidas a 0,5 m, 1,0 m e 2,0 m de distância do centro do feixe, utilizando um detector Geiger-Müller. Novamente o objetivo era corrigir os valores para as condições de utilização mais freqüentes. Em função da limitação das informações fornecidas pelo aparelho de raios X analisado, não foi possível efetuar estas correções, que poderão ser feitas futuramente com o auxílio de medidas de tempo de exposição e corrente de tubo em cada uma das condições de funcionamento do aparelho.

Foram realizadas, também, medidas com o aparelho de raios X operando nas condições mais freqüentes de utilização (63 kVp e 4,0 mAs), nas mesmas condições citadas acima. Estas medidas foram realizadas com o detector Geiger - Müller ajustado para menor fundo de escala e menor tempo de resposta. Os resultados ficaram todos muito próximos ao nível de radiação de fundo encontrado no Serviço de Radiologia e, pelo fato do tempo de exposição ser muito pequeno nas condições ora analisadas, os resultados são inconclusivos.

Seria recomendável repetir as medidas com um equipamento que utilize câmara de ionização com sensibilidade e tempo de resposta adequados para que se possa avaliar com segurança a necessidade de se estabelecer uma área de isolamento ao redor do leito do paciente sob exame. Isto será proposto como um trabalho futuro.

Vale ressaltar que durante os exames feitos com o aparelho portátil, os técnicos solicitam às pessoas que se encontram nas vizinhanças que saiam da sala ou se posicionem atrás deles. Estes técnicos, que são individualmente monitorados, usam rotineiramente aventais de borracha plumbífera e suas doses pessoais têm sido próximas ao nível de registro.

3.6.1.2 - APARELHO FIXO DE RAIOS X

a) Interior da Sala

a.1) Posições de Referência

Para que se pudesse comparar a taxa de dose equivalente devido a fluoroscopia do aparelho fixo de raios X com outros equipamentos de raios X, foram realizadas medidas em pontos de referência que correspondem a 0,50 m, 1,00 m e 1,50 m a partir do centro do feixe^[18,19], onde foi colocado um manequim de formato humano, modelo PIXIE, de modo a fornecer um padrão de espalhamento. Estas medidas foram feitas à altura do tórax.

As medidas foram feitas com o aparelho na posição vertical, com o tubo sobre a mesa (padrão do aparelho), correspondente a 0°, colimadores totalmente abertos e distância fonte - paciente de aproximadamente 90 cm. O sistema de controle automático de brilho do aparelho ajustou a tensão em 120,0 kVp e a corrente em 3,5 mA. Os resultados encontram-se na tabela 4.09.

a.2) Radiação de Fuga do Cabeçote

Para a realização das medidas de radiação de fuga, os colimadores foram fechados ao seu máximo e a taxa de exposição na saída verificada como sendo igual a zero. Assim, não foi necessário blindar a saída do feixe com chumbo.

A câmara de ionização portátil, disponível para medida de radiação de fuga em aparelhos de raios X, tem limitação importante de tempo de resposta quando trabalhando como medidor de taxa. Assim sendo, para evitar superaquecimento do tubo de raios X, as medidas foram realizadas com o aparelho funcionando no modo de fluoroscopia. A tensão automaticamente ajustada pelo aparelho foi 120,0 kVp, que corresponde à tensão máxima possível em fluoroscopia, e a corrente foi ajustada para 3,5 mA. Além disto, em função da baixa sensibilidade da câmara de ionização utilizada, a distância entre a fonte e o ponto de medida foi de 30 cm. O posicionamento da câmara foi variado ao redor do ponto de medida de modo a possibilitar uma varredura ao redor do cabeçote.

Os resultados foram corrigidos pelo inverso do quadrado da distância para que, depois de aplicado o fator de correção para considerar a corrente máxima de tubo, pudessem ser comparados ao padrão recomendado na literatura^[18,20].

O aparelho de raios X analisado não permite leitura direta de tempo de exposição ou de corrente de tubo quando funcionando no modo de radiografia e, além disso, seu manual de funcionamento não fornece informações sobre estes dados. As informações disponíveis referem-se ao produto do tempo de exposição pela corrente de tubo. Assim sendo, não é possível a comparação com o padrão estabelecido para radiação de fuga de aparelhos de raios X diagnóstico e os resultados apresentados na tabela 4.09 referem-se à fluoroscopia e são apenas qualitativos.

Futuramente será feita uma análise da possibilidade de realizar medidas de tempo de exposição e corrente do tubo, tanto nas condições de medida como nas condições máximas de operação, e, desta forma, comparar os resultados da monitoração para radiação de fuga com o valor padrão estabelecido. Além disso, será feita também a análise da possibilidade de utilização de uma câmara de ionização com volume maior e tempo de resposta desprezível para a realização dessa monitoração.

a.3) Nível de Radiação nas Proximidades do Gerador de Alta Tensão

As medidas do nível de radiação nas vizinhanças do gerador de alta tensão (a 5,0 cm da superfície da tampa do armário que o contém) foram realizadas com o aparelho funcionando em fluoroscopia, com a tensão máxima possível^[18,19]. Foi usada uma câmara de ionização medidora de taxa e os resultados foram comparados com o limite correspondente para preenchimento do campo GERADOR da tabela 4.09.

a.4) Taxa de Dose Equivalente na Pele do Paciente

A medida de taxa de dose equivalente na superfície do paciente durante fluoroscopia foi feita utilizando-se o manequim PIXIE, em cuja superfície foi colocada uma placa de chumbo com 1,2 mm de espessura. Os colimadores foram abertos o suficiente para irradiar com feixe primário toda a área do detector (campo de aproximadamente 5 X 5 cm). A tensão e a corrente de tubo foram automaticamente ajustadas pelo aparelho e os valores nominais assim obtidos foram, respectivamente, 120,0 kVp e 3,5 mA. As medidas foram feitas com uma câmara de ionização medidora de taxa e seus resultados, após comparados com o limite estabelecido^[18,19], foram colocados no campo correspondente da tabela 4.09.

b) Vizinhanças da Sala.

Os equipamentos de medida disponíveis para medida de taxa de dose equivalente nas vizinhanças das salas de aparelhos de raios X têm duas limitações importantes. O equipamento com sensibilidade maior em função de seu volume, tem tempo de resposta muito longo (8,0 segundos) na escala adequada à leitura de taxas de exposição baixas (3,0 mR/h). O equipamento com tempo de resposta adequado possui sensibilidade baixa em função de seu pequeno volume (6,0 cm³). Além disso, o aparelho de raios X analisado não permite a fixação de tempo de exposição, tornando impossível a realização destas medidas de modo a obter resultados que sejam confiáveis.

Foi feita também uma tentativa frustrada de realizar as medidas utilizando um detector Geiger-Müller. As leituras resultaram sempre em zero, sendo, portanto, inconclusivas.

Assim sendo, não foi possível realizar as medidas de taxa de exposição nas vizinhanças da sala do aparelho de raios X MIMER III - SIEMENS.

Os dosímetros termoluminescentes, que funcionam como integradores, podem ser deixados nos pontos de interesse por um período de tempo prolongado e não apresentam as limitações dos equipamentos de medida utilizados. Assim sendo, a melhor maneira de resolver essa dificuldade é fazer monitoração de área usando esse tipo de dosímetros, deixando-os nos pontos de interesse pelo período de 1 mês. Deste modo, será possível obter a dose equivalente mensal nos pontos de interesse e, caso sejam registradas todas as exposições feitas no mês, obter também uma taxa de dose equivalente média. Esta análise será feita futuramente, como continuidade deste trabalho. Será feita também a análise da possibilidade de utilização de uma câmara de ionização com volume maior e tempo de resposta desprezível para a realização dessa monitoração.

3.6.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

a) Interior da Sala

a.1) Posições de Ocupação Padrão para Médicos e Técnicos

Para a monitoração de área realizada no interior da sala de exames do CC/HC, foram utilizadas condições que simulam o

melhor possível os procedimentos aí realizados que envolvem o uso de raios X para fluoroscopia e cinefluorografia. As medidas realizadas visavam avaliar as doses em tórax e olhos dos profissionais do laboratório e para isso foram feitas as alturas de 1,25 m, correspondendo ao tórax, e 1,43 m, correspondendo aos olhos.

O equipamento de raios X existente no laboratório ajusta automaticamente a tensão e a corrente de modo a produzir a melhor imagem do paciente de acordo com suas características anatômicas. Desta forma, o uso de placas de acrílico com espessura total equivalente a 20 cm de água como simulador de paciente levou a um ajuste de tensão e corrente que resultou em 90 kVp e 3,1 mA em fluoroscopia e 60 kVp e 20 mA em cinefluorografia.

O equipamento foi colocado nas angulações mais utilizadas durante os exames e a cada uma delas foi atribuído um peso, correspondente ao tempo médio de utilização. As angulações utilizadas e seus respectivos pesos foram: postero-anterior, com peso de 0,143; oblíqua anterior direita, com peso de 0,286; e oblíqua anterior esquerda, com peso de 0,571.

Para cada um dos pontos avaliados foi calculada a média das leituras obtidas nas três angulações do aparelho, tanto em fluoroscopia como em cinefluorografia. A partir dos resultados assim obtidos foram montadas as tabelas 4.28 e 4.29, apresentadas no item 4.2.1, com os valores médios de taxa de dose equivalente em região de tórax e olhos para cada um dos pontos avaliados, com e sem a utilização de aventais e visores de vidro plumbífero com espessura equivalente a 0,5 mm de chumbo. Os resultados correspondentes ao uso de proteções consideram a atenuação sofrida pela radiação X ao atravessá-las, de acordo com a energia em questão^[20].

Com o objetivo de avaliar a contribuição parcial de fluoroscopia e cinefluorografia na dose equivalente total dos profissionais, foram verificados os tempos de cada um desses modos de exposição em 20 exames realizados no laboratório. O tempo médio total de exposição por exame foi de 9 minutos, sendo 7,2 minutos (80%) para fluoroscopia e 1,8 minutos (20%) para cinefluorografia. Com base nestes resultados foi elaborada uma outra tabela que fornece a taxa de dose equivalente média total para cada um dos pontos avaliados (tabela 4.30). Em seguida, os últimos valores foram comparados com as doses máximas admissíveis e foi calculado o número máximo de exames semanais para cada profissional que ocupe as posições avaliadas (tabela 4.31).

a.2) Posições de Referência

Para que se pudesse comparar a taxa de dose equivalente devido a fluoroscopia do aparelho de raios X CARDOSKOP com outros equipamentos de raios X, foram realizadas medidas em pontos de referência que correspondem a 0,50 m, 1,00 m e 1,50 m a partir do centro do feixe^[18,19], onde foi colocado o manequim PIXIE, de modo a fornecer um padrão de espalhamento. Estas medidas foram feitas à altura do tórax.

As medidas foram feitas com o aparelho na posição vertical, com o tubo sob a mesa (padrão do aparelho), correspondente a 0° , colimadores totalmente abertos, distância fonte - intensificador igual a 90,0 cm e distância fonte - paciente de aproximadamente 48,0 cm. O sistema de controle automático de brilho do aparelho ajustou a tensão em 102,0 kVp e a corrente em 3,8 mA. Os resultados encontram-se na tabela 4.14.

a.3) Radiação de Fuga do Cabeçote

Para a realização das medidas de radiação de fuga, os colimadores foram fechados ao seu máximo e a saída foi coberta com uma placa de 4,6 mm de chumbo, equivalente a cerca de 17 camadas semi-redutoras para feixes com tensão nominal de 100 kVp^[18,19,20].

Inicialmente o aparelho foi acionado no modo de fluoroscopia, de modo a diminuir o aquecimento do tubo, e foram feitas medidas qualitativas nas proximidades do cabeçote, usando um detector Geiger-Müller. Após a constatação de que havia alguma quantidade de radiação de fuga, foi escolhido aleatoriamente um ponto e foram feitas medidas com uma câmara de ionização medidora de taxa, usando fluoroscopia e cinefluorografia. Uma vez que a tensão nominal foi a mesma nas duas situações, havendo variação somente da corrente, foi obtido a partir daí um fator de correção para corrente. Assim, pôde-se efetuar o restante das medidas no modo de fluoroscopia e evitar um super aquecimento do tubo.

A câmara de ionização foi colocada à distância de 0,30 m do foco do aparelho e seu posicionamento foi variado de modo a se obter uma varredura ao redor do cabeçote^[18,19].

Os resultados foram corrigidos e comparados com o limite de radiação de fuga para cabeçotes de aparelhos de raios X, e, assim, preenchido o campo correspondente da tabela 4.14.

a.4) Nível de Radiação nas Proximidades do Gerador de Alta Tensão

As medidas do nível de radiação nas vizinhanças do gerador de alta tensão (a 5,0 cm da superfície da tampa do armário que o contém) foram realizadas com o aparelho funcionando em fluoroscopia, com a tensão máxima possível^[18,19]. Foi usada uma câmara de ionização medidora de taxa e os resultados foram comparados com o limite correspondente para preenchimento do campo GERADOR da tabela 4.14.

a.5) Taxa de Dose Equivalente na Pele do Paciente

A medida de taxa de dose equivalente na superfície do paciente durante fluoroscopia foi feita utilizando-se o manequim PIXIE, em cuja superfície foi colocada uma placa de chumbo com 1,2 mm de espessura. O aparelho foi angulado a 90° para facilitar o posicionamento do chumbo e da câmara de ionização na superfície do manequim. Os colimadores foram abertos o suficiente para irradiar com feixe primário toda a área do detector (campo de aproximadamente 5 X 5 cm). A tensão e a corrente de tubo foram automaticamente ajustadas

pelo aparelho e os valores nominais assim obtidos foram, respectivamente, 104,0 kVp e 1,80 mA. As medidas foram feitas com uma câmara de ionização medidora de taxa e seus resultados, após comparados com o limite estabelecido ^[18,19], colocados no campo correspondente da tabela 4.14.

b) Vizinhanças da Sala

As medidas de taxa de dose equivalente nas vizinhanças da sala de raios X do CC/HC foram feitas usando-se uma câmara de ionização com 330 cc e o aparelho de raios X foi ajustado para trabalhar em cinefluorografia. Neste modo de exposição o tempo máximo de feixe possível é 10 segundos, suficiente para leitura com o detector funcionando como medidor de taxa e no menor fundo de escala.

O sistema de controle automático de brilho é ativado também durante cinefluorografia, de modo que as condições de operação do CARDOSKOP podem variar em função do tipo e quantidade de tecido atingido pelo feixe de radiação ao atravessar o paciente, em cada uma das angulações de aparelho utilizadas. Para que as medidas pudessem representar o pior caso possível, os colimadores foram totalmente abertos, o paciente foi simulado pela PIXIE e sobre ela foi colocada uma placa de chumbo de 1,2 mm de espessura e . O manequim funcionou também como espalhador. A tabela 3.12 a seguir apresenta o posicionamento do aparelho de raios X e as condições de operação obtidas para cada um dos pontos de interesse.

O aparelho de raios X foi posicionado naquelas angulações utilizadas rotineiramente durante os exames e que fornecem a maior fração de espalhamento possível na direção dos pontos de interesse. Nenhuma das barreiras analisadas é atingida por feixe primário. Os resultados estão apresentados na tabela 4.32.

TABELA 3.12 - POSICIONAMENTO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO CARDOSKOP DURANTE A MONITORAÇÃO DAS VIZINHANÇAS DA SALA

LOCAIS	POSIÇÃO DO CARDOSKOP	TENSÃO NOMINAL	CORRENTE NOMINAL
A	oblíqua ant. esquerda (30° anti-horário)	100 kVp	60 mA
B, C e G	postero-anterior (0°)	100 kVp	60 mA
D, E e F	oblíqua ant. direita (30° horário)	100 kVp	60 mA

3.6.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

3.6.3.1 - SIMULADOR DE RADIOTERAPIA

a) Interior da Sala

a.1) Radiação de Fuga do Cabeçote

Para a realização das medidas de radiação de fuga, os colimadores foram fechados ao seu máximo e a saída foi coberta com uma placa de 4,6 mm de chumbo, equivalente a mais de 17 camadas semi-redutoras para feixes com tensão nominal de 90 kVp^[20].

As medidas foram realizadas com o aparelho funcionando no modo de fluoroscopia para evitar super-aquecimento do tubo. A tensão utilizada foi 90 kVp, que corresponde à tensão média para as simulações realizadas no aparelho e a corrente foi ajustada para 5 mA. Além disto, em função da baixa sensibilidade das câmaras de ionização disponíveis, a distância entre a fonte e o ponto de medida foi de 30 cm. O posicionamento da câmara foi variado ao redor do ponto de medida de modo a possibilitar uma varredura ao redor do cabeçote.

Foi aplicado um fator de correção nas leituras, que leva em conta a corrente máxima de tubo usada em radiografia quando operando com tensão de 90 kVp (300 mA) e a variação da taxa de exposição com o inverso do quadrado da distância. Os resultados foram^[18,19] então comparados com os limites estabelecidos e preenchido o campo correspondente na tabela 4.19.

a.2) Nível de Radiação nas Proximidades do Gerador de Alta Tensão

As medidas do nível de radiação nas proximidades do gerador de alta tensão foram feitas com câmara de ionização. Inicialmente o detector, posicionado a 5,0 cm da superfície do gerador, foi ajustado para medir taxa de exposição e as condições de operação do simulador foram ajustadas em 90 kVp e 10 mA de fluoroscopia. Em seguida o detector foi ajustado como integrador e as condições de operação do simulador foram reajustadas para 90 kVp e 100 mA com tempo de exposição de 4,0 s (radiografia). O resultado encontrado foi igual nas duas situações analisadas e encontra-se na tabela 4.19.

b) Vizinhanças da Sala

Em função das limitações de sensibilidade e tempo de resposta das câmaras de exposição disponíveis, não foi possível realizar as monitorações nas vizinhanças do simulador. Pelo fato de que são feitos, em média, apenas dois planejamentos por dia, mesmo deixando os equipamentos funcionando como integradores, o tempo de exposição não foi suficiente para que os equipamentos acusassem doses superiores à radiação natural de fundo.

As técnicas responsáveis pela operação do aparelho, que permanecem junto ao console, são individualmente monitoradas e seus dosímetros sempre apresentam leitura no nível de radiação natural de fundo. Em função disso, podemos

considerar que o produto da taxa de exposição pelo tempo de exposição do feixe resulta em dose equivalente desprezível no ponto de interesse.

O ideal seria fazer monitoração de área usando dosímetros termoluminescentes deixados nos pontos de interesse pelo período de 1 mês. Deste modo seria possível obter a dose equivalente mensal nos pontos de interesse e, caso se registre todas as exposições feitas no mês, obter também uma taxa de dose equivalente média. Isto será feito como trabalho futuro.

3.6.3.2 TELETERAPIA - ACELERADOR LINEAR

a) Interior da Sala

A medida de taxa de dose absorvida foi feita com uma câmara de ionização de $0,6 \text{ cm}^3$, em um manequim de água, com seu centro colocado na profundidade de equilíbrio eletrônico. À leitura obtida foram aplicados os fatores de correção necessários.

A taxa de exposição devido ao feixe útil foi determinada a partir da taxa de dose absorvida, aplicando fatores de correção.

Tanto a medida de taxa de dose absorvida como a determinação da taxa de exposição devido ao feixe útil foram feitas pelos físicos do RXT/CAISM.

Não foi possível realizar as medidas de radiação de fuga, tanto da blindagem como a $1,0 \text{ m}$ da trajetória dos elétrons, entre sua origem e o alvo, e nem as medidas de radiação transmitida pelos colimadores, devido à defeito no eletrômetro utilizado para leitura. Estas medidas, cuja metodologia está descrita a seguir, serão feitas futuramente, tão logo o equipamento de medida seja reparado.

Para as medidas do nível de radiação de fuga da blindagem, os colimadores devem ser totalmente fechados e a saída do feixe útil deve ser bloqueada com chumbo. Deve ser utilizada uma câmara de ionização com sensibilidade adequada para leituras de taxa de exposição da ordem de $1,03 \times 10^{-4} \text{ C.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ou menores, que deverá ser usada com capa de build up. A câmara de ionização deve ser posicionada de modo a varrer uma circunferência de $2,0 \text{ m}$ de raio, com centro no raio central e na altura do isocentro.

As medidas de radiação de fuga a $1,0 \text{ m}$ da trajetória dos elétrons, entre sua origem e o alvo, deverão ser feitas usando câmara de ionização com sensibilidade adequada para ler exposições da ordem de $2,58 \times 10^{-4} \text{ C.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, ou menores, que deverá ser usada com capa de build up. A câmara deverá ser colocada em várias posições de modo a varrer todo o comprimento da trajetória dos elétrons, em toda sua circunferência.

As medidas de radiação transmitida pelos colimadores,

para campo de 10 X 10 cm, deverão ser feitas com câmara de ionização com sensibilidade adequada para leituras da ordem de $6,0 \times 10^{-3} \text{ C.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, ou menores, que deverá ser usada com capa de build up. A câmara de ionização deverá ser colocada totalmente fora do feixe, com sua borda a 1,0 cm da margem do campo, nas direções + X, - X, + Y e - Y, com centro do volume sensível colocado à altura do isocentro.

Com os resultados obtidos deverão ser preenchidos os campos adequados da tabela 4.21.

b) Vizinhanças da Sala

Para a monitoração de área realizada nas vizinhanças da sala do acelerador linear foram feitas medidas com o aparelho em diferentes posições. Deste modo, os resultados permitem avaliar a taxa de exposição nas condições de maior intensidade de radiação sobre as barreiras existentes na sala. A situação 1, cujos resultados estão apresentados na tabela 4.33, representa a condição de feixe incidindo diretamente sobre as barreiras. Já as situações 2 e 3, com resultados apresentados nas tabelas 4.34 e 4.35, representam as condições de feixe espalhado atingindo principalmente as paredes onde as medidas foram feitas.

Na situação 1 não foi usado manequim para simular paciente. Para a realização de medidas nas regiões atingidas somente por feixe espalhado, situações 2 e 3, foi utilizado como espalhador um manequim de acrílico com 40x40 cm e espessura total equivalente a 20 cm de água, cujo centro foi colocado no isocentro do acelerador.

Na situação 2 o aparelho foi posicionado para que o feixe formasse um ângulo de 60° com a vertical, em sentido anti-horário, de modo que a maior fração de espalhamento atingisse a parede do corredor lateral.

Na situação 3 o aparelho foi posicionado para que o feixe formasse um ângulo de 60° com a vertical, em sentido horário, de modo que a maior fração de espalhamento atingisse a parede da sala do cobalto.

Em algumas regiões onde há grandes descontinuidades na espessura das paredes, as medidas foram feitas em vários pontos para verificar se havia variações importantes na taxa de exposição em decorrência destas descontinuidades.

Para ambas as situações levou-se em consideração o tempo médio previsto de incidência de feixe primário e espalhado sobre as paredes - fator de uso, e o tempo médio previsto de ocupação das regiões em questão - fator de ocupação. Pelo fato de que o acelerador linear vem funcionando em sua capacidade máxima, foram utilizados os fatores de uso e de ocupação sugeridos na literatura^[20].

3.6.3.3 - TELETERAPIA - APARELHO DE COBALTO - 60

a) Interior da Sala

A taxa de dose absorvida foi medida com câmara de ionização de $0,6 \text{ cm}^3$, colocada a $5,0 \text{ cm}$ de profundidade em um manequim de água, cuja superfície foi colocada a $80,0 \text{ cm}$ de distância da fonte. Depois de aplicados os fatores de correção necessários, o resultado foi corrigido para determinar a taxa de dose equivalente no ar na posição do isocentro. A taxa de exposição foi calculada a partir da taxa de dose absorvida e esta foi medida pelos físicos do RXT/CAISM. Os resultados apresentados para a distância de $1,0 \text{ m}$ consideram a correção pelo inverso do quadrado da distância.

As medidas do nível de radiação devido à fuga do cabeçote à distância de $1,0 \text{ m}$, tanto com obturador aberto como fechado, foram feitas com um detector Geiger Müller, em 18 pontos pré-estabelecidos ao redor do aparelho, de modo a permitir a avaliação em uma área aproximadamente esférica centrada no centro do cabeçote. Os colimadores foram totalmente fechados e a abertura restante ($4 \times 4 \text{ cm}$) foi bloqueada com chumbo de espessura suficiente para bloquear o feixe primário ($6,0 \text{ cm}$).

Para as medidas feitas a $5,0 \text{ cm}$ da superfície da blindagem foi feita uma varredura ao redor de todo cabeçote com o obturador fechado.

As medidas na direção dos colimadores foram feitas com obturador aberto, usando uma câmara de ionização de 330 cm^3 com capa de equilíbrio eletrônico, cujo centro foi colocado na direção do isocentro do aparelho, posicionada de modo a ficar totalmente protegida pelos colimadores, com uma margem de segurança de cerca de $1,0 \text{ cm}$. As medidas relativas a colimadores fechados foram feitas com o campo mínimo possível no aparelho, que é de $4 \times 4 \text{ cm}$, com a câmara de ionização colocada a $1,0 \text{ cm}$ da margem do campo.

Os resultados estão apresentados na tabela 4.25.

a) Vizinhanças da Sala

A monitoração de área realizada nas vizinhanças da sala do aparelho de cobalto-60 foi feita levando-se em consideração a possibilidade de que as paredes sejam atingidas por feixe primário ou espalhado. A indicação das regiões atingidas por feixe primário ou espalhado encontra-se junto aos resultados (tabela 4.36) no item 4.2.

Para as regiões onde há possibilidade de irradiação com feixe primário as medidas foram feitas com o feixe incidindo perpendicularmente sobre as respectivas paredes e sem o uso de manequins. Levou-se em consideração o tempo médio previsto de incidência do feixe primário sobre as tais paredes - fator de uso, e o tempo médio previsto de ocupação das regiões em questão - fator de ocupação. Considerando-se que o aparelho de cobalto-60 tem funcionado, desde o início, em sua capacidade máxima, foram utilizados os fatores de uso e

ocupação sugeridos na literatura^[20].

Para a realização de medidas nas outras regiões, atingidas somente por feixe espalhado, foi utilizado um manequim de acrílico com 40x40 cm e espessura total equivalente a 20 cm de água como espalhador. Neste caso as medidas foram feitas com o aparelho posicionado em vários ângulos e o resultado apresentado é a média das leituras obtidas para cada um desses ângulos. O fator de uso utilizado considera que sempre que o aparelho está com a fonte exposta o feixe espalhado incide na direção destas regiões. Foi considerado também o tempo médio previsto de ocupação das tais regiões.

A carga de trabalho foi calculada considerando 03 horas de fonte exposta por dia e 05 dias de trabalho por semana.

3.6.3.4 - BRAQUITERAPIA

Para a monitoração de área relativa às fontes de céσιο utilizadas em braquiterapia foram consideradas três condições: paciente sob radiomoldagem com 6,51 GBq de atividade e o restante das fontes dentro do cofre, manipulação de fontes, e todas as fontes no cofre (atividade total = 43,86 GBq). As medidas foram feitas com detector Geiger-Müller.

3.6.3.4.1 - PACIENTE SOB RADIOMOLDAGEM

Para o caso de paciente sob radiomoldagem a monitoração foi feita inclusive no interior do quarto para que fosse possível avaliar adose equivalente a ser recebida pelos profissionais responsáveis pelos cuidados às pacientes (vide tabela 4.37).

O fator de ocupação foi considerado como o tempo de permanência do funcionário no serviço, durante o qual há paciente sob radiomoldagem (24 horas), dividido pelo tempo máximo de duração da radiomoldagem. Para os corredores e banheiros o fator de ocupação foi calculado como o fator recomendado na literatura (1/4 e 1/16 respectivamente)^[20], multiplicado pelo fator descrito acima.

A carga de trabalho equivale ao tempo máximo de duração de uma radiomoldagem, igual a 72 horas ininterruptas.

O tempo máximo de permanência no local foi calculado a partir da seguinte expressão:

$$TMP = \frac{DMA}{\dot{H}} \times 40,$$

onde:

DMA - limite derivado semanal de dose equivalente efetiva para trabalhadores;

H - dose equivalente semanal no ponto de interesse, baseado nos resultados da monitoração de área;

40 - número de horas de trabalho semanal dos funcionários do CAISM, à exceção dos funcionários da enfermagem, que trabalham 36 horas semanais.

3.6.3.4.2 - FONTES NO COFRE

Para o caso de todas as fontes no cofre foram feitas monitorações no interior e nas vizinhanças do depósito de fontes.

a) Interior do Depósito

As monitorações feitas no interior do depósito levam em conta o tempo real de permanência de trabalhadores neste local. O Serviço de Radioterapia conta atualmente com 08 técnicas que se revezam mensalmente na montagem das cargas para braquiterapia. A técnica encarregada da montagem no período faz, no máximo, quatro manipulações de fontes por semana, entre carga e descarga. Assim sendo, o tempo de permanência no interior do depósito pode chegar a 30 minutos por semana, dos quais 10 minutos são gastos com manipulação das fontes e outros 20 minutos são gastos com anotações no caderno de controle de movimentação das fontes.

A carga de trabalho considerada para os cálculos foi igual ao tempo máximo de permanência de todas as fontes no cofre, ou 168 horas/semana.

A monitoração do interior do depósito foi feita nas duas situações citadas acima e seus resultados encontram-se nas tabelas 4.38 e 4.39.

A exposição das técnicas durante a manipulação das fontes depende da atividade das fontes manipuladas e da habilidade manual de cada técnica. A carga é montada atrás do biombo de chumbo e depois é colocada no carrinho de transporte, que está no chão. O tempo médio gasto nesta operação é de cerca de 2,5 minutos, sendo que aproximadamente 90% é consumido na montagem/desmonte das cargas e os 10% restantes são consumidos em sua colocação/retirada do carrinho.

Para avaliar a dose equivalente efetiva recebida pelas técnicas nessa situação, foi feita uma simulação usando fontes com atividade total igual a 4,56 GBq, correspondente à atividade média manipulada de cada vez. Foram feitas medidas no ponto A, à altura do tórax, com a carga montada e colocada atrás do biombo, e no ponto C, a 50 cm de distância da carga e fora da área de proteção do biombo.

Pode-se obter um resultado mais preciso sobre a dose equivalente efetiva média recebida pelas técnicas durante a montagem do material, através do uso de um monitor semelhante ao monitor individual. Este monitor seria usado por todas as técnicas, exclusivamente durante a manipulação das fontes de

césio, pelo período de 01 mês. Repetindo-se este procedimento durante 08 meses, seria obtida uma dose equivalente média mensal, ou semanal, que levaria em conta a variação de atividades manipuladas e a habilidade manual de todas as técnicas. Essa análise será feita posteriormente como continuidade deste trabalho.

O fator de ocupação utilizado para cada uma destas situações corresponde ao tempo médio semanal de permanência das técnicas no interior do depósito, na atividade considerada, em relação ao tempo total de permanência das fontes no cofre. O fator assim obtido para manipulação das fontes foi:

$$T = \frac{1}{8} \times \frac{10 \text{ minutos}}{168 \text{ horas}} = 1,24 \times 10^{-4}$$

O fator de ocupação obtido para anotações no livro de registros de movimentação das fontes foi:

$$T = \frac{1}{8} \times \frac{20 \text{ minutos}}{168 \text{ horas}} = 2,48 \times 10^{-4}$$

Foi verificado também qual a região do corpo que está mais exposta em cada um dos pontos monitorados com todas as fontes no cofre. Deste modo, as doses equivalentes derivadas semanais apresentadas na tabela 4.39 referem-se à parte do corpo mais atingida em cada uma dessas posições.

Nestas duas situações não há necessidade de calcularmos o tempo máximo de permanência no local uma vez que este tempo é determinado pelo número de radiomoldagens realizadas. O número de radiomoldagens está atualmente limitado em duas por semana em função de haver somente 01 quarto disponível para internação de pacientes.

b) Vizinhanças do Depósito

Para a monitoração feita nas vizinhanças do depósito levou-se em conta um fator de ocupação que corresponde ao tempo de permanência do funcionário no serviço (40,0 horas semanais), em relação ao tempo de permanência das fontes no cofre. Para os corredores e banheiros o fator de ocupação foi calculado como o fator recomendado na literatura (1/4 e 1/16 respectivamente)^[20], multiplicado pelo fator descrito acima.

A carga de trabalho foi considerada como o tempo máximo de permanência de todas as fontes no cofre, igual a 168,0 horas por semana.

Neste caso, como as exposições são sempre de corpo inteiro, consideramos a dose equivalente máxima admissível como igual ao limite derivado semanal de dose equivalente efetiva.

O tempo máximo de permanência no local foi calculado a partir da seguinte expressão, já descrita anteriormente:

$$TMP = \frac{DMA}{\dot{H}} \times 40 ,$$

Os resultados estão apresentados na tabela 4.40.

4 - RESULTADOS DAS AUDITORIAS E DAS MONITORAÇÕES DE ÁREA

Encontram-se a seguir as tabelas com os resultados das auditorias e monitorações de área realizadas nos aparelhos e fontes de radiação ionizante do Serviço de Radiodiagnóstico/HC (RXD/HC), do Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC (CC/HC) e do Serviço de Radioterapia/CAISM (RXT/CAISM).

Serão apresentados, em primeiro lugar, todos os resultados das auditorias realizadas nos serviços que foram objeto deste estudo (tabelas 4.01 a 4.27) e, em seguida, serão apresentados os resultados das monitorações de área (tabelas 4.28 a 4.40).

4.1 - AUDITORIAS

Com relação às auditorias, é importante salientar que, em função de características específicas dos aparelhos ou fontes de radiação existentes na Área de Saúde da UNICAMP, nem todos os itens analisados aplicam-se a esses aparelhos ou fontes. Foram colocadas observações relativas a esses itens nos rodapés das tabelas.

FICHA 1 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA* - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO: MOBILETT - SIEMENS	SALA: ---	DATA / /
CONDIÇÕES MÁXIMAS DE OPERAÇÃO :	- 135 kVp - -- mAs	- 150 mA - -- s
COLIMADORES :	- ajustáveis - luminosos	(S) S, N (S) S, N
CONES LOCALIZADORES :	- existência - dimensões de campo visíveis	(N) S, N (N) S, N
FILTRAÇÃO :	- 1,5 mm Al fixo - 1,0 mm adicional - outros (inerente)	(S) S, N (S) S, N ---
DISTÂNCIA FONTE PELE :	≥ 45 cm - dispositivo de medida	(S) S, N (S) S, N
TIMER :	- exatidão OK - reprodutibilidade OK - existência de "dead man" - liberação prévia do disparador para repetir exposição	(--) S, N (--) S, N (N) S, N (S) S, N
INDICAÇÕES NO CONSOLE :	- kV - mA - t - mAs - controle automático de kV e mAs - feixe "on" - visualização do paciente - comunicação com o paciente	(S) S, N (N) S, N (N) S, N (S) S, N (N) S, N (S) S, N (--) S, N (--) S, N
GRADE ANTIDIFUSORA :	- focalizada - indicação do raio - indicação do lado focal	(--) S, N (--) S, N (--) S, N
PROTEÇÕES DO OPERADOR :	- biombo - avental - protetor de tireóide - luvas	(N) S, N (S) S, N (N) S, N (N) S, N
OBS: * - usar também a FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO)		

FICHA 2 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA - VERIFICAR DURANTE EXAMES

EQUIPAMENTO: MOBILETT - SIEMENS SALA: --- DATA / /

LIMITAÇÃO DE CAMPO: - à área de interesse (S) S, N
 - ao tamanho do filme (S) S, N
 - alinhamento com o filme (S) S, N
 - ajuste automático (N) S, N

DISTÂNCIA FONTE PELE: - verificada (S) S, N
 - ≥ 45 cm (S) S, N

GRADE ANTIDIFUSORA: - distância foco-grade correta (S) S, N
VIDE OBS. 1 A SEGUIR - alinhamento correto dos eixos (S) S, N

PROTEÇÕES DE OPERADOR: - avental (S) S, N
 - protetor de tireóide (N) S, N

ADAPTAÇÃO AO ESCURO: - há necessidade (N) S, N
 - $t \geq 10$ minutos (--) S, N

OBS. 1 - A grande maioria dos exames realizados com o MOBILETT é feita sem o uso de grades antidifusoras. Quando é necessário, sua utilização é correta.

TABELA 4.03 - CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO MOBILETT - SIEMENS

FICHA 4 - PORTÁTEIS - VERIFICAR DURANTE O USO

EQUIPAMENTO: MOBILETT - SIEMENS		SALA: ---	DATA / /
UTILIZAÇÃO:	- restrita ¹	(S)	S, N
	- qualquer caso	(N)	S, N
DISTÂNCIAS:	- operador \geq 2 m	(S)	S, N
	- outros pacientes ²		1,0 m
PESSOAS NO FEIXE ÚTIL	- paciente ³	(N)	S, N
	- outros	(N)	S, N

- OBS. 1 - em princípio os equipamentos portáteis existentes no RXD/HC são utilizados somente para pacientes que não possam se locomover até o Serviço. Apesar desta recomendação, alguns profissionais ainda solicitam exames nas enfermarias do hospital, mesmo sem necessidade real, e esses exames têm sido feitos.
- 2 - quando os exames são feitos nas enfermarias e o outro paciente pode se locomover, solicita-se que aguarde fora do quarto. Caso o paciente vizinho não tenha condições de sair do leito, ou para exames realizados na UTI do hospital, que correspondem à maioria dos exames feitos com os aparelhos portáteis de raios X, a distância entre o paciente submetido à radiografia e outros pacientes é de aproximadamente 1,0 m.
- 3 - normalmente os aparelhos portáteis são usados para radiografias de tórax e de extremidades. Eventualmente, na enfermaria de traumatologia, são feitas radiografias em posições que acabam provocando a exposição de outros pacientes ao feixe útil já atenuado.

FICHA 1 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA* - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO: MIMER III - SIEMENS SALA: E3-0402 DATA / /

CONDIÇÕES MÁXIMAS DE OPERAÇÃO : - 150 kVp - 1000 mA
 - 800 mAs - 5,0 s

COLIMADORES : - ajustáveis (S) S, N
 - luminosos (S) S, N

CONES LOCALIZADORES : - existência (S) S, N
 - dimensões de campo visíveis (S) S, N

FILTRAÇÃO : - 1,5 mm Al fixo (S) S, N
 - 1,0 mm adicional (S) S, N
 - outros (inerente) 0,7 mm Al

DISTÂNCIA FONTE PELE : ≥ 45 cm (S) S, N
 - dispositivo de medida (S) S, N

TIMER : - exatidão OK (S) S, N
 - reprodutibilidade OK (S) S, N
 - existência de "dead man" (N) S, N
 - liberação prévia do disparador para repetir exposição (N) S, N

INDICAÇÕES NO CONSOLE : - kV (S) S, N
 - mA (N) S, N
 - t (N) S, N
 - mAs (S) S, N
 - controle automático de kV e mAs (S) S, N
 - feixe "on" (S) S, N
 - visualização do paciente (S) S, N
 - comunicação com o paciente (N) S, N

GRADE ANTIDIFUSORA : - focalizada (N) S, N
 - indicação do raio (N) S, N
 - indicação do lado focal (S) S, N

PROTEÇÕES DO OPERADOR : - biombo (S) S, N
 - avental (S) S, N
 - protetor de tireóide (N) S, N
 - luvas (N) S, N

OBS: • - usar também a FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO)

FICHA 2 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA - VERIFICAR DURANTE EXAMES

EQUIPAMENTO: MIMER III - SIEMENS SALA: E3-0402 DATA / /

LIMITAÇÃO DE CAMPO: - à área de interesse (S) S, N
- ao tamanho do filme (S) S, N
- alinhamento com o filme (S) S, N
- ajuste automático (S) S, N

DISTÂNCIA FONTE PELE: - verificada (S) S, N
- ≥ 45 cm (S) S, N

GRADE ANTIDIFUSORA: - distância foco-grade correta (--) S, N
- alinhamento correto dos eixos (--) S, N

PROTEÇÕES DE OPERADOR: - avental (S) S, N
- protetor de tireóide (N) S, N

ADAPTAÇÃO AO ESCURO: - há necessidade (N) S, N
- $t \geq 10$ minutos (--) S, N

FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO) - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO: MIMER III - SIEMENS SALA: E3-0402 DATA / /

TIPO DE FLUOROSCÓPIO: - tela fluorescente (N) S, N
- intensificador de imagem (S) S, N
- coincidência entre feixe,
tela ou intensificador (S) S, N

COBERTURA DA TELA: - 1,5 mm Al (--) S, N
- 2,0 mm Al (--) S, N
- outros

TIMER: - $t_{máx} \leq 10$ minutos (S) S, N
- visível ao radiologista (N) S, N
- alarme sonoro ao término (S) S, N

DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO NO BUCKY (lâminas de Pb):
- fenda (--) S, N
- borda inferior (--) S, N
- bordas laterais (--) S, N

OBS - VALORES RECOMENDADOS PARA COBERTURA DA TELA FLUORESCENTE:

HV \leq 70 kVp \Rightarrow 1,5 mm Al
70 kVp < HV \leq 100 kVp \Rightarrow 2,0 mm Al
HV > 100 kVp \Rightarrow 0,01 mm Al/kV adicional

TABELA 4.08 - DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE PACIENTE UTILIZADOS
NO MIMER III - SIEMENS

FICHA 5 - PROTEÇÃO DE PACIENTE

EQUIPAMENTO: MIMER III - SIEMENS SALA: E3-0402 DATA / /

DISPOSITIVOS DE IMOBILIZAÇÃO - faixas (S) S, N
- apoios (S) S, N
- outros (S) S, N

PROTEÇÕES - gônadas (N) S, N
- aventais (N) S, N
- tireóide (N) S, N

GESTANTES EM POTENCIAL - exames eletivos (S) S, N
- cuidados especiais (S) S, N

FICHA 6 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS

EQUIPAMENTO EMISSOR DE RADIAÇÃO: MIMER III - SIEMENS

SALA: E3-0402

DATA: / /

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DURANTE AS MEDIDAS:

RADIOGRAFIA - --- kVp --- mA --- mAs

FLUOROSCOPIA - 120,0 kVp 3,5 mA --- mAs

EQUIPAMENTO DE MEDIDA:

MARCA: VICTOREEN MODELO: 470A /660+660 4A No.DE SÉRIE: 4295/

FUGA DO CABEÇOTE (à 1 m de distância, área = 100 cm):

VIDE OBS. 1 A SEGUIR - H < 1 mSv/h () S, N
- H ≥ 1 mSv/h () S, N

GERADOR DE ALTA TENSÃO (à 5 cm): - H ≤ 0,2 mSv/h (S) S, N
- H > 0,2 mSv/h (--) S, N

ESCOPIA (entrada do paciente): - H ≤ 50 mSv/h (S) S, N
- H > 50 mSv/h (--) S, N

ESCOPIA (interior da sala): - 0,5 m do paciente H=0,43 mSv/h
- 1,0 m do paciente H=0,06 mSv/h
- 1,5 m do paciente H=0,01 mSv/h

EXTERIOR DA SALA (grafia): - console H = --- mSv/h
- porta (1) H = --- mSv/h
VIDE OBS. 2 A SEGUIR - porta (2) H = --- mSv/h
- sala vizinha (1) H = --- mSv/h
- sala vizinha (2) H = --- mSv/h
- sala vizinha (3) H = --- mSv/h
- piso superior H = --- mSv/h
- piso inferior H = --- mSv/h

CONCLUSÃO - fuga OK (?) S, N
- gerador OK (S) S, N
- entrada paciente OK (S) S, N
- preenchimento da ficha
de cálculo OK (--) S, N

OBS - LIMITES : - fuga < 1,0 mSv/h à 1 m
- gerador ≤ 0,2 mSv/h à 5 cm
- entrada do paciente ≤ 50,0 mSv/min

- OBS. 1 - Os resultados da monitoração para verificação do nível de radiação de fuga do cabeçote indicaram sua existência, mas são apenas qualitativos e, por isso, não podem ser comparados ao padrão estabelecido.
- 2 - As medidas do exterior da sala não foram realizadas em função do pequeno tempo de exposição durante radiografia. Os equipamentos de medida disponíveis têm limitação do tempo de resposta ou de sensibilidade, o que tornou impossível a realização destas medidas. Foi feita uma tentativa de realizá-las com detector Geiger-Müller, mas esta também não deu resultado.

FICHA 1 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA* - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO			
EQUIPAMENTO: CARDOSKOP - SIEMENS		SALA: C2-0980	DATA / /
CONDIÇÕES MÁXIMAS DE OPERAÇÃO : - 125 kVp - 500 mA - 10 s			
COLIMADORES :	- ajustáveis	(S)	S, N
	- luminosos	(N)	S, N
CONES LOCALIZADORES :	- existência	(--)	S, N
(não se aplica)	- dimensões de campo visíveis	(--)	S, N
FILTRAÇÃO :	- 1,5 mm Al fixo	(--)	S, N
	- 1,0 mm adicional	(--)	S, N
	- outros		2,5 mm Al
DISTANCIA FONTE PELE :	≥ 45 cm	(S)	S, N
	- dispositivo de medida	(N)	S, N
TIMER :	- exatidão OK	(S)	S, N
	- reprodutibilidade OK	(S)	S, N
	- existência de "dead man"	(N)	S, N
	- liberação prévia do disparador para repetir exposição	(S)	S, N
INDICAÇÕES NO CONSOLE :	- kV	(S)	S, N
	- mA	(S)	S, N
	- t	(S)	S, N
	- mAs	(N)	S, N
	- controle automático de kV e mAs	(S)	S, N
	- feixe "on"	(S)	S, N
	- visualização do paciente	(S)	S, N
	- comunicação com o paciente	(S)	S, N
GRADE ANTIDIFUSORA :	- focalizada	(--)	S, N
(não se aplica)	- indicação do raio	(--)	S, N
	- indicação do lado focal	(--)	S, N
PROTEÇÕES DO OPERADOR :	- biombo	(S)	S, N
	- avental	(S)	S, N
	- protetor de tireóide	(S)	S, N
	- luvas	(N)	S, N
OBS: * - usar também a FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO)			

FICHA 2 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA - VERIFICAR DURANTE EXAMES

EQUIPAMENTO: CARDOSKOP - SIEMENS SALA: C2-0980 DATA / /

LIMITAÇÃO DE CAMPO: - à área de interesse (S) S, N
- ao tamanho do filme¹ (--) S, N
- alinhamento com o filme¹ (--) S, N
- ajuste automático (N) S, N

DISTÂNCIA FONTE PELE: - verificada (N) S, N
- ≥ 45 cm (S) S, N

GRADE ANTIDIFUSORA¹: - distância foco-grade correta (--) S, N
- alinhamento correto dos eixos (--) S, N

PROTEÇÕES DE OPERADOR: - avental (S) S, N
- protetor de tireóide (S) S, N

ADAPTAÇÃO AO ESCURO: - há necessidade (N) S, N
- $t \geq 10$ minutos (--) S, N

OBS: 1 - os itens assim identificados não se aplicam ao CARDOSKOP.

FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO) - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO: CARDOSKOP - SIEMENS SALA: C2-0980 DATA / /

TIPO DE FLUOROSCÓPIO:

- tela fluorescente (N) S, N
- intensificador de imagem (S) S, N
- coincidência entre feixe, tela ou intensificador (S) S, N

COBERTURA DA TELA¹:

- 1,5 mm Al (--) S, N
- 2,0 mm Al (--) S, N
- outros —

TIMER:

- $t_{máx} \leq 10$ minutos (S) S, N
- visível ao radiologista² (N) S, N
- alarme sonoro ao término (S) S, N

DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO NO BUCKY (lâminas de Pb)¹:

- fenda (--) S, N
- borda inferior (--) S, N
- bordas laterais (--) S, N

OBS - VALORES RECOMENDADOS PARA COBERTURA DA TELA FLUORESCENTE:

HV \leq 70 kVp => 1,5 mm Al
 70 kVp < HV \leq 100 kVp => 2,0 mm Al
 HV > 100 kVp => 0,01 mm Al/kV adicional

OBS: 1 - os itens assim identificados não se aplicam ao CARDOSKOP;

2 - o marcador de tempo (timer) é visível somente ao técnico que faz o controle de alguns parâmetros de exame a partir do console do aparelho. Este técnico está constantemente informando o radiologista do tempo de exame transcorrido.

FICHA 5 - PROTEÇÃO DE PACIENTE

EQUIPAMENTO: CARDOSKOP - SIEMENS SALA: C2-0980 DATA / /

DISPOSITIVOS DE IMOBILIZAÇÃO	- faixas	(S) S, N
	- apoios	(S) S, N
	- outros	(S) S, N

PROTEÇÕES	- gônadas	(N) S, N
	- aventais	(N) S, N
	- tireóide	(N) S, N

GESTANTES EM POTENCIAL	- exames eletivos	(S) S, N
	- cuidados especiais	(S) S, N

FICHA 6 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS

EQUIPAMENTO EMISSOR DE RADIAÇÃO: CARDOSKOP - SIMENS

SALA: C2-0980

DATA: / /

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DURANTE AS MEDIDAS:

RADIOGRAFIA - 100 kVp 60,0 mA

FLUOROSCOPIA - 102 kVp 3,8 mA

EQUIPAMENTO DE MEDIDA:

MARCA: VICTOREEN

MODELO: 470 A

No.DE SÉRIE: 4295

FUGA DO CABEÇOTE (à 1 m de distância, área = 100 cm):

- H < 1 mSv/h (S) S, N
 - H ≥ 1 mSv/h (--) S, N

GERADOR DE ALTA TENSÃO (à 5 cm): - H ≤ 0,2 mSv/h (S) S, N
 - H > 0,2 mSv/h (--) S, N

ESCOPIA (entrada do paciente): - H ≤ 50 mSv/h (S) S, N
 - H > 50 mSv/h (--) S, N

ESCOPIA (interior da sala): - 0,5m do paciente H = 1,80 mSv/h
 - 1,0m do paciente H = 0,50 mSv/h
 - 1,5m do paciente H = 0,32 mSv/h

EXTERIOR DA SALA (grafia): - console H = --- mSv/h
 (os resultados - porta (1) H = --- mSv/h
 encontram-se - porta (2) H = --- mSv/h
 na FICHA 8) - sala vizinha (1) H = --- mSv/h
 - sala vizinha (2) H = --- mSv/h
 - sala vizinha (3) H = --- mSv/h
 - piso superior H = --- mSv/h
 - piso inferior H = --- mSv/h

CONCLUSÃO - fuga OK (S) S, N
 - gerador OK (S) S, N
 - entrada paciente OK (S) S, N
 - preenchimento da ficha de cálculo OK (S) S, N

OBS - LIMITES : - fuga < 1,0 mSv/h à 1 m
 - gerador ≤ 0,2 mSv/h à 5 cm
 - entrada do paciente ≤ 50,0 mSv/min

TABELA 4.15 - CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO DO SIMULADOR

FICHA 1 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA* - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO: Simulador	SALA -----	DATA / /
CONDIÇÕES MÁXIMAS DE OPERAÇÃO :	- 128 kVp - 900 mAs	- 600. mA - 5,0 s
COLIMADORES :	- ajustáveis - luminosos	(S) S, N (S) S, N
CONES LOCALIZADORES :	- existência - dimensões de campo visíveis	(N) S, N (--) S, N
FILTRAÇÃO :	- 1,5 mm Al fixo (1) - 1,0 mm adicional - outros (inerente)	(--) S, N (--) S, N 0,5mmAl
DISTÂNCIA FONTE PELE :	≥ 45 cm - dispositivo de medida	(S) S, N (S) S, N
TIMER :	- exatidão OK - reprodutibilidade OK - existência de "dead man" - liberação prévia do disparador para repetir exposição	(S) S, N (S) S, N (N) S, N (N) S, N
INDICAÇÕES NO CONSOLE :	- mA (S) S, N - controle automático de kV e mAs	- kVp (S) S, N - mAs (S) S, N (S) S, N
	- t (S) S, N - feixe "on" - visualização do paciente - comunicação com o paciente	(S) S, N (S) S, N (S) S, N (N) S, N
GRADE ANTIDIFUSORA :	- focalizada - indicação do raio - indicação do lado focal	(S) S, N (N) S, N (S) S, N
PROTEÇÕES DO OPERADOR :	- biombo (2) - avental - protetor de tireóide - luvas	(N) S, N (N) S, N (N) S, N (N) S, N
OBS: * - usar também a FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO)		

OBS: 1 - O aparelho não apresenta indicação de filtração adicional.

2 - A operação do equipamento é feita de fora da sala.

FICHA 2 - RADIOGRAFIA E FLUOROSCOPIA - VERIFICAR DURANTE EXAMES

EQUIPAMENTO: Simulador		SALA ----	DATA / /
LIMITAÇÃO DE CAMPO:	- à área de interesse	(S)	S, N
	- ao tamanho do filme ¹	(N)	S, N
	- alinhamento com o filme	(S)	S, N
	- ajuste automático	(N)	S, N
DISTÂNCIA FONTE PELE:	- verificada	(S)	S, N
	- ≥ 45 cm	(S)	S, N
GRADE ANTIDIFUSORA:	- distância foco-grade correta	(S)	S, N
	- alinhamento correto dos eixos	(S)	S, N
PROTEÇÕES DE OPERADOR:	- avental ²	(N)	S, N
	- protetor de tireóide ²	(N)	S, N
ADAPTAÇÃO AO ESCURO:	- há necessidade	(N)	S, N
	- $t \geq 10$ minutos	(--)	S, N

OBS: 1 - O equipamento só trabalha com filme de 35X43 cm², mas o campo pode ser ajustado para dimensões menores.

2 - Como o equipamento só é operado a partir do console de controle, localizado fora da sala, não há necessidade de utilização de proteções pelo operador.

FICHA 3 - FLUOROSCOPIA (COMPLEMENTO) - VERIFICAR NO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO: Simulador SALA ---- DATA / /

TIPO DE FLUOROSCÓPIO: - tela fluorescente (N) S, N
 - intensificador de imagem (S) S, N
 - coincidência entre feixe, tela ou intensificador (N) S, N

COBERTURA DA TELA: - 1,5 mm Al (--) S, N
 - 2,0 mm Al (--) S, N
 - outros --

TIMER: - $t_{m\acute{a}x} \leq 10$ minutos (S) S, N
 - visível ao radiologista (S) S, N
 - alarme sonoro ao término (S) S, N

DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO NO BUCKY (lâminas de Pb):
 - fenda¹ (--) S, N
 - borda inferior¹ (--) S, N
 - bordas laterais¹ (--) S, N

OBS - VALORES RECOMENDADOS PARA COBERTURA DA TELA FLUORESCENTE:
 HV \leq 70 kVp => 1,5 mm Al
 70 kVp < HV \leq 100 kVp => 2,0 mm Al
 HV > 100 kVp => 0,01 mm Al/kV adicional

OBS: 1 - O simulador não possui Bucky.

TABELA 4.18 - PROTEÇÕES DE PACIENTES UTILIZADAS NO SIMULADOR

FICHA 5 - PROTEÇÃO DE PACIENTE

EQUIPAMENTO: Simulador	SALA ----	DATA / /
DISPOSITIVOS DE IMOBILIZAÇÃO	- faixas	(S) S, N
	- apoios	(S) S, N
	- outros	(N) S, N
PROTEÇÕES	- gônadas ¹	(N) S, N
	- aventais ¹	(N) S, N
	- tireóide ¹	(N) S, N
GESTANTES EM POTENCIAL	- exames eletivos ²	(S) S, N
	- cuidados especiais ²	(S) S, N

OBS: 1 - As radiografias feitas no simulador, além de serem usadas para avaliar parâmetros anatômicos de tratamento, servem também para delimitar proteções necessárias durante os tratamentos e, portanto, não é conveniente usar proteções nesta etapa.

2 - A decisão sobre tratar ou não gestantes em potencial é tomada pelo radioterapeuta na avaliação clínica. Assim sendo, quando a paciente é encaminhada para iniciar o planejamento e fazer a radiografia, já vem com recomendações sobre cuidados especiais, se for o caso.

FICHA 6 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS

EQUIPAMENTO EMISSOR DE RADIAÇÃO: SIMULADOR

SALA: -----

DATA: / /

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DURANTE AS MEDIDAS:

RADIOGRAFIA - 90 kVp 100 mA 100 mAs

FLUOROSCOPIA - 90 kVp 5 mA --- mAs

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: CÂMARA DE IONIZAÇÃO

MARCA: VICTOREEN

MODELO: 470 A

No. DE SÉRIE: 4295

FUGA DO CABEÇOTE (à 1 m de distância, área = 100 cm):

- H < 1 mSv/h (S) S, N

- H ≥ 1 mSv/h (--) S, N

GERADOR DE ALTA TENSÃO (à 5 cm): - H ≤ 0,2 mSv/h (S) S, N

- H > 0,2 mSv/h (--) S, N

ESCOPIA (entrada do paciente): - H ≤ 50 mSv/h (--) S, N

(1) - H > 50 mSv/h (--) S, N

ESCOPIA (interior da sala): - 0,5m do paciente H = --- mSv/h

(2) - 1,0m do paciente H = --- mSv/h

- 1,5m do paciente H = --- mSv/h

EXTERIOR DA SALA (grafia): - console H = --- mSv/h

(3) - porta (1) H = --- mSv/h

- porta (2) H = --- mSv/h

- sala vizinha (1) H = --- mSv/h

- sala vizinha (2) H = --- mSv/h

- sala vizinha (3) H = --- mSv/h

- piso superior H = --- mSv/h

- piso inferior H = --- mSv/h

CONCLUSÃO - fuga OK (S) S, N

- gerador OK (S) S, N

- entrada paciente OK (--) S, N

- preenchimento da ficha

de cálculo OK (N) S, N

OBS - LIMITES : - fuga < 1,0 mSv/h à 1 m

- gerador ≤ 0,2 mSv/h à 5 cm

- entrada do paciente ≤ 50,0 mSv/min

OBS: 1 - A taxa de dose equivalente na superfície do paciente não foi medida porque é desprezível em relação à dose total a que o paciente estará submetido durante a radioterapia.

2 - Não há permanência de pessoas no interior da sala durante fluoroscopia e, desta forma não há necessidade de fazer medidas de taxa de dose equivalente no interior da sala devido a fluoroscopia.

3 - A taxa de dose equivalente no exterior da sala não foi medida em função de não possuímos equipamento com sensibilidade e tempo de resposta adequados.

FICHA 13 - APARELHOS DE MEGAVOLTAGEM - SEGURANÇA

EQUIPAMENTO: Acelerador Linear MARCA: SIEMENS MODELO: MEVATRON 74

TREINAMENTO DE PESSOAL: (S) S, N

OBSERVAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM O PACIENTE:

- possível à partir do console de controle (S) S, N

EXISTÊNCIA DE INDICADORES DE FEIXE "ON":

- no console de controle (S) S, N

- no interior da sala de tratamento (S) S, N

- na porta da sala de tratamento (S) S, N

INTERLOCKS PARA INTERRUPTÃO DA EXPOSIÇÃO:

- quando a porta da sala de tratamento é aberta

- existência (S) S, N

- funcionamento OK (S) S, N

- no console de controle

- existência (S) S, N

- funcionamento OK (S) S, N

- no interior da sala de tratamento

- existência (S) S, N

- funcionamento OK (S) S, N

- reinício de exposição somente a partir do console (S) S, N

PORTA DE ACESSO À SALA DE TRATAMENTO:

- símbolo de radiação (S) S, N

- acesso restrito (S) S, N

- abertura possível pelo lado interno da sala (N) S, N

FICHA 14 - ACELERADOR LINEAR - CONTROLE DE TAXA DE EXPOSIÇÃO

ENERGIAS DE FEIXES:

FÓTONS : 10 MeV
 ELÉTRONS: 5, 6, 7, 8, 10 e 12 MeV

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: Câmara de Ionização

MARCA: VICTOREEN MODELO: 500/c.i. Farmer SÉRIE: 4295/1133

TAXA DE EXPOSIÇÃO DEVIDO À FÓTONS:

- isocentro taxa de exposição $\dot{X}_1 = 200,0$ R/min
 (campo 10X10 cm²) taxa de dose absorvida $\dot{D}_1 = 1,93$ Gy/min
- 1 m do isocentro, perpendicular ao eixo central $\dot{X} = (1)$ R/min
 $\leq 0,2$ % de $\dot{X}_1(X)$ $> 0,2$ % de $\dot{X}_1()$
- 1 m da trajetória dos elétrons,
 entre sua origem e o alvo $\dot{X} = (1)$ R/min
 $\leq 0,5$ % de $\dot{X}_1(X)$ $> 0,5$ % de $\dot{X}_1()$
- fuga nos diafragmas e cones limitadores de feixe
 campo 10 X 10 cm² $\dot{X} = (1)$ R/min
 $< 10,0$ % de $\dot{X}_1(X)$ $\geq 10,0$ % de $\dot{X}_1()$

TAXA DE DOSE DEVIDO A NÊUTRONS: (VIDE OBS.2 A SEGUIR)

- taxa de dose devido à nêutrons no isocentro -----
 $< 1,0$ % de $\dot{D}_1()$ $\geq 1,0$ % de $\dot{D}_1()$
- taxa de dose próximo ao console de controle -----
- ativação de componentes próximo ao alvo (--) S, N
- taxa de exposição devido a esta ativação -----
- tempo de espera necessário antes de efetuar-se
 manutenção, caso haja ativação -----

OBS. 1 - as medidas assim identificadas não puderem ser realizadas devido à defeito no equipamento de medida.

2 - De acordo com dados da literatura^[21], a taxa de exposição devido a nêutrons em aceleradores lineares destinados a usos médicos começa a ser importante para energias superiores a 15 MeV. Nestes casos, deve ser avaliada sua contribuição para a dose equivalente recebida pelo paciente, bem como o fluxo de nêutrons através do labirinto ou outras aberturas da sala. Além disso, para este tipo de aceleradores lineares, a indução de atividade em componentes deve ser avaliada quando a energia é superior a 15 MeV.

FICHA 15 - ACELERADOR LINEAR - CONTROLE DO FEIXE DE RADIAÇÃO

INTERRUPÇÃO DA EXPOSIÇÃO:

- automática com o término do tratamento (S) S, N

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO:

- aceitação (S) S, N

- periódica (S) S, N

PROGRAMAS DE CONTROLE DE QUALIDADE:

A = ACEITAÇÃO

P = PERIÓDICO

- equipamento principal (X) A (X) P

- acessórios¹ (--) A (--) P

- sistemas de registro² (--) A (--) P

- sistemas de processamento de dados³ (--) A (--) P

MONITORES DE DOSE:

- câmaras de transmissão internas ao cabeçote (S) S, N

- dois sistemas independentes (S) S, N

- funcionamento do sistema mestre OK (S) S, N

- funcionamento do sistema substituto após 0,4 Gy de falha do sistema mestre⁴ (S) S, N

INDICADOR DE UNIDADES DE MONITOR ACUMULADAS:

- presente no console de controle (S) S, N

INTERLOCKS DE SEGURANÇA:

- para tipo de feixe selecionado (S) S, N

- energia de feixe selecionada (S) S, N

- filtros utilizados (N) S, N

PARÂMETROS DE TRATAMENTO:

- visíveis do console de controle⁵ (S) S, N

- OBS: 1 - Os acessórios disponíveis para uso no acelerador linear são verificados constantemente durante a utilização e não justificam um programa de controle de qualidade.
- 2 - O MEVATRON 74 pertencente ao RXT/CASM não possui sistema de registro de dados. Todos os dados referentes a tratamentos e controle de qualidade são registrados manualmente e depois verificados.
- 3 - O RXT/CAISM não possui sistema de processamento de dados.
- 4 - O sistema substituto de monitoração de dose do MEVATRON 74 desliga o aparelho depois de transcorridos $110\% + 1$ do número de unidades de monitor prescritas.
- 5 - Os parâmetros de tratamento visíveis a partir do console de controle são: tipo de feixe, energia, número de unidades de monitor prescrito e transcorrido e tempo transcorrido.

FICHA 13 - APARELHOS DE MEGAVOLTAGEM - SEGURANÇA

EQUIPAMENTO: Cobalto - 60 MARCA: CGR MeV MODELO: ALCYON II

TREINAMENTO DE PESSOAL: (S) S, N

OBSERVAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM O PACIENTE:

- possível à partir do console de controle (S) S, N

EXISTÊNCIA DE INDICADORES DE FEIXE "ON":

- no console de controle (S) S, N

- no interior da sala de tratamento (S) S, N

- na porta da sala de tratamento (S) S, N

INTERLOCKS PARA INTERRUPÇÃO DA EXPOSIÇÃO:

- quando a porta da sala de tratamento é aberta

- existência (S) S, N

- funcionamento OK (S) S, N

- no console de controle

- existência (S) S, N

- funcionamento OK (S) S, N

- no interior da sala de tratamento

- existência (S) S, N

- funcionamento OK (S) S, N

- reinício de exposição somente a partir do console (S) S, N

PORTA DE ACESSO À SALA DE TRATAMENTO:

- símbolo de radiação (S) S, N

- acesso restrito (S) S, N

- abertura possível pelo lado interno da sala (N) S, N

FICHA 16 - COBALTO - 60 - CONTROLE DE FEIXE DE RADIAÇÃO

INTERRUPÇÃO DA EXPOSIÇÃO:

- automática com o término do tratamento (S) S, N

CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO:

- aceitação (S) S, N

- periódica (S) S, N

PROGRAMAS DE CONTROLE DE QUALIDADE:

A = ACEITAÇÃO

P = PERIÓDICO

- equipamento principal (X) A (X) P

- acessórios¹ (--) A (--) P

- sistemas de registro² (--) A (--) P

- sistemas de processamento de dados³ (--) A (--) P

INDICADOR DE TEMPO DE TRATAMENTO ACUMULADO:

- presente no console de controle (S) S, N

OBTURADOR:

- tipo do obturador automático
rotatório (X) de gaveta móvel ()

- funcionamento (retorno à posição fechado)
ao término da exposição (S) S, N

em caso de queda de tensão (S) S, N

em caso de avaria no equipamento (S) S, N

- reinício da exposição
possível somente a partir do console (S) S, N

- obturador manual
existência (S) S, N

FUGA DE MATERIAL RADIOATIVO:

- contaminação verificada por esfregaço nos colimadores
atividade medida 0,0 Bq

≤ 2,0 kBq (X) > 2,0 kBq ()

OBS: 1 - Os acessórios disponíveis para uso no aparelho de cobalto são verificados constantemente durante a utilização e não justificam um programa de controle de qualidade.

2 - O ALCYON II pertencente ao RXT/CASM não possui sistema de registro de dados. Todos os dados referentes a tratamentos e controle de qualidade são registrados manualmente e depois verificados.

3 - O RXT/CAISM não possui sistema de processamento de dados.

FICHA 17 - COBALTO - 60 - CONTROLE DE TAXA DE EXPOSIÇÃO

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: Geiger - Müller

MARCA: VICTOREEN MODELO: 491/491-30 No. DE SÉRIE: 2796/3171

TAXA DE EXPOSIÇÃO DEVIDO AO FEIXE ÚTIL:

- no isocentro

taxa de exposição $\dot{X}_1 = 57,64 \text{ R/min}$

taxa de dose absorvida $\dot{D}_1 = 500,90 \text{ mGy/min}$

- a 1,0 m de distância da fonte

taxa de exposição $\dot{X}_{1m} = 36,89 \text{ R/min}$

taxa de dose absorvida $\dot{D}_{1m} = 320,58 \text{ mGy/min}$

TAXA DE DOSE EQUIVALENTE DEVIDO A RADIAÇÃO DE FUGA:

- ao redor do cabeçote

- a 1,0 m da fonte, obturador fechado $\dot{H} = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mSv/h}$
 $\leq 10,0 \text{ mSv/h (X)}$ $> 10,0 \text{ mSv/h ()}$

obturador aberto $\dot{H} = 1,25 \text{ mSv/h}$
 $\leq 10,0 \text{ mSv/h (X)}$ $> 10,0 \text{ mSv/h ()}$ $\leq 0,1\% \text{ de } \dot{D}_{1m} \text{ (X)}$

- a 5,0 cm da superfície da blindagem,
 obturador fechado $\dot{H} = 6,00 \times 10^{-2} \text{ mSv/h}$
 $\leq 200,0 \text{ mSv/h (X)}$ $> 200,0 \text{ mSv/h ()}$

- na direção dos diafragmas permanentes

- a 1,0 m da fonte, obturador fechado $\dot{H} = 2,50 \times 10^{-3} \text{ mSv/h}$
 $\leq 10,0 \text{ mSv/h (X)}$ $> 10,0 \text{ mSv/h ()}$

obturador aberto $\dot{H} = 6,00 \text{ mSv/h}$
 $\leq 10,0 \text{ mSv/h (X)}$ $> 10,0 \text{ mSv/h ()}$ $\leq 0,1\% \text{ de } \dot{D}_{1m} \text{ (X)}$

- a 5,0 cm da superfície
 obturador fechado $\dot{H} = 1,60 \times 10^{-2} \text{ mSv/h}$
 $\leq 200,0 \text{ mSv/h (X)}$ $> 200,0 \text{ mSv/h ()}$

- na direção dos colimadores

campo $10 \times 10 \text{ cm}^2$ $\dot{X} = 5,30 \times 10^{-1} \text{ R/min}$
 $\leq 10,0\% \text{ de } \dot{X} \text{ (X)}$ $> 10,0\% \text{ de } \dot{X} \text{ ()}$

colimadores fechados $\dot{X} = 1,96 \times 10^{-1} \text{ R/min}$
 $< 2,0\% \text{ de } \dot{X}_1 \text{ (X)}$ $\geq 2,0\% \text{ de } \dot{X}_1 \text{ ()}$

FICHA 18 - ARMAZENAMENTO E USO DE FONTES DE BRAQUITERAPIA

FONTES:

- código de identificação de atividade visível (S) S, N
 - armazenadas em blindagem no interior do depósito (S) S, N
 - teste de integridade periódico (N) S, N
-

ARMAZENAMENTO:

- depósito:
 - isolado (S) S, N ventilado (S) S, N sinalizado (S) S, N
 - acesso restrito a pessoas autorizadas (S) S, N
 - cofre:
 - blindagem adequada (S) S, N sinalizado (N) S, N
 - possui mapa de localização das fontes (S) S, N
-

MANUSEIO:

- restrito a pessoas treinadas e autorizadas (S) S, N
 - existência de proteções e instrumentos adequados (S) S, N
 - existência de registro de utilização (S) S, N
-

TRANSPORTE INTERNO:

- recipientes blindados (S) S, N
 - recipientes adequadamente identificados (S) S, N
 - existência de registro de movimentação das fontes (S) S, N
-

QUARTO DE TRATAMENTO:

- isolado (S) S, N - sinalizado (S) S, N
 - acesso restrito a pessoal treinado e autorizado (S) S, N
 - existência de dispositivos para comunicação e visualização do paciente (S) S, N
 - existência de equipamento de monitoração de área (S) S, N
 - existência de ficha de identificação de fontes (N) S, N
 - existência de orientações sobre procedimentos rotineiros e emergenciais (S) S, N
 - monitoração após o término do tratamento (N) S, N
-

TABELA 4.27 - CONTROLE DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CÉSIO UTILIZADAS EM BRAQUITERAPIA

FICHA 19 - INVENTÁRIO DE FONTES DE BRAQUITERAPIA

AQUISIÇÃO

DATA	ISÓTOPO	ATIVIDADE UNITÁRIA (GBq)	CÓDIGO DE IDENT.	QUANTIDADE	ATIVIDADE TOTAL (GBq)
03/91	Cs-137	1,11		06	6,66
03/91	Cs-137	1,67		06	10,00
03/91	Cs-137	2,22		06	13,32
03/91	Cs-137	2,78		05	13,90

ARMAZENAMENTO

DATA	ATIV. UNIT. (Bq)	QUANT.	DATA	ATIV. UNIT. (Bq)	QUANT.	DATA	ATIV. UNIT. (Bq)	QUANT.
10/91	1,10	06	12/92	1,07	06	03/93	1,06	06
10/91	1,65	06	12/92	1,60	06	03/93	1,59	06
10/91	2,19	06	12/92	2,13	06	03/93	2,12	06
10/91	2,74	05	12/92	2,67	05	03/93	2,65	05
DATA	ATIV. UNIT. (Bq)	QUANT.	DATA	ATIV. UNIT. (Bq)	QUANT.	DATA	ATIV. UNIT. (Bq)	QUANT.
07/93	1,05	06						
07/93	1,58	06						
07/93	2,10	06						
07/93	2,63	05						

4.2 - MONITORAÇÕES DE ÁREA

Encontram-se a seguir os resultados das monitorações de área feitas nas vizinhanças das salas dos aparelhos ou fontes de radiação que são objeto deste estudo. Em função da impossibilidade de realizar medidas nas vizinhanças das salas do aparelho fixo de raios X analisado, do simulador de radioterapia e nas vizinhanças do aparelho portátil de raios X, não serão apresentadas tabelas relativas e estes aparelhos.

Dos valores de taxa de exposição média, \dot{X} , apresentados nas tabelas, foi descontado valor da taxa de exposição devido à radiação de fundo (BG) que, tanto para Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC como para o Serviço de Radioterapia/CAISM, é de $2,0 \times 10^{-4}$ mSv/h (0,02 mR/h).

Com relação ao CC/HC, as quatro primeiras tabelas (4.28 a 4.31) referem-se à monitoração feita no interior da sala e a última (4.32) refere-se à monitoração das vizinhanças da sala.

O monitor usado para medidas nas vizinhanças do aparelho de Cobalto - 60, único disponível na época, tem fundo de escala inadequado para leitura de BG nos níveis existentes no serviço e, portanto, o BG está incluído nos resultados apresentados na tabela 4.36. No entanto, para a classificação de áreas, apresentada mais adiante, o BG foi subtraído desses resultados.

TABELA 4.28 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE EM REGIÃO DE TÓRAX E OLHOS DURANTE FLUOROSCOPIA

FICHA 9 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE DURANTE FLUOROSCOPIA

PONTOS	TÓRAX		OLHOS	
	\dot{H} sem prot. (mSv/h)	\dot{H} com prot.* (mSv/h)	\dot{H} sem prot. (mSv/h)	\dot{H} com prot.* (mSv/h)
A	2,38	$5,78 \times 10^{-1}$	1,78	$4,30 \times 10^{-1}$
B	$7,44 \times 10^{-1}$	$1,82 \times 10^{-1}$	$6,63 \times 10^{-1}$	$1,63 \times 10^{-1}$
C	$5,89 \times 10^{-1}$	$1,43 \times 10^{-1}$	$5,39 \times 10^{-1}$	$1,47 \times 10^{-1}$
D	$4,38 \times 10^{-1}$	$1,09 \times 10^{-1}$	$4,03 \times 10^{-1}$	$9,69 \times 10^{-2}$

* - Proteção equivalente a $0,5 \text{ mm Pb}$.
Atenuação de 76% em 90 kVp_[20].

TABELA 4.29 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE EM REGIÃO DE TÓRAX E OLHOS DURANTE CINEFLUOROGRAFIA

FICHA 10 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE DURANTE CINEFLUOROGRAFIA

PONTOS	TÓRAX		OLHOS	
	H sem prot. (mSv/h)	H com prot.* (mSv/h)	H sem prot. (mSv/h)	H com prot.* (mSv/h)
A	8,33	$4,07 \times 10^{-1}$	7,40	$3,64 \times 10^{-1}$
B	3,33	$1,63 \times 10^{-1}$	2,75	$1,36 \times 10^{-1}$
C	3,41	$1,67 \times 10^{-1}$	3,36	$1,63 \times 10^{-1}$
D	2,26	$1,12 \times 10^{-1}$	2,00	$9,69 \times 10^{-2}$

* - Proteção equivalente a 0,5 mm Pb.
Atenuação de 95% em 60 kVp^[20].

TABELA 4.30 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE MÉDIA TOTAL EM REGIÃO DE TÓRAX E OLHOS

FICHA 11 - TAXA DE DOSE EQUIVALENTE MÉDIA TOTAL¹

PONTOS	TORAX		OLHOS	
	H sem prot. (mSv/h)	H com prot. (mSv/h)	H sem prot. (mSv/h)	H com prot. (mSv/h)
A	3,57	$5,43 \times 10^{-1}$	2,90	$4,19 \times 10^{-1}$
B	1,26	$1,78 \times 10^{-1}$	1,08	$1,59 \times 10^{-1}$
C	1,15	$1,47 \times 10^{-1}$	1,10	$1,51 \times 10^{-1}$
D	$8,02 \times 10^{-1}$	$1,09 \times 10^{-1}$	$7,25 \times 10^{-1}$	$9,69 \times 10^{-2}$

OBS. 1 - considera o tempo relativo de exposição devido a fluoroscopia e a cinefluorografia.

TABELA 4.31 - DOSE EQUIVALENTE POR EXAME PARA REGIÃO DE TÓRAX E OLHOS E NÚMERO MÁXIMO DE EXAMES SEMANAIS COM E SEM DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

FICHA 12 - DOSE EQUIVALENTE POR EXAME COM E SEM DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E NÚMERO MÁXIMO DE EXAMES POR SEMANA

PONTOS	POSIÇÃO	SEM PROTEÇÃO		COM PROTEÇÃO ¹	
		H/exame ² (mSv)	exames por semana ³	H/exame ² (mSv)	exames por semana ³
A	TÓRAX	$5,35 \times 10^{-1}$	01	$8,10 \times 10^{-2}$	12
	OLHOS	$4,35 \times 10^{-1}$	06	$6,30 \times 10^{-2}$	47
B	TÓRAX	$1,89 \times 10^{-1}$	05	$2,70 \times 10^{-2}$	37
	OLHOS	$1,62 \times 10^{-1}$	18	$2,40 \times 10^{-2}$	125
C	TÓRAX	$1,73 \times 10^{-1}$	05	$2,20 \times 10^{-2}$	45
	OLHOS	$1,66 \times 10^{-1}$	18	$2,30 \times 10^{-2}$	130
D	TÓRAX	$1,20 \times 10^{-1}$	08	$1,60 \times 10^{-2}$	62
	OLHOS	$1,09 \times 10^{-1}$	27	$1,50 \times 10^{-2}$	200

OBS: 1 - considera as proteções normalmente utilizadas;

2 - considera o tempo médio por exame;

3 - baseado nos limites derivados semanais.

FICHA 7 - LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO - MEDIDAS E CÁLCULOS

EQUIPAMENTO: CARDOSKOP - SIEMENS SALA: C2 0980 DATA / /

EQUIPAMENTO DE MEDIDA:

MARCA: VICTOREEN MODELO: 470 A No. DE SÉRIE: 4295

LOC. ⁰	CI ¹	T ²	U ³	W ⁴	\dot{X} ⁵ MÉDIA	DMA ⁶	\dot{H} ⁷	TMP ⁸
				(h/sem)	(mR/h)	(mSv/sem)	(mSv/sem)	(h/sem)
A	OE	1	1	1,8	0,0	1,00	0,0	40,0
B	OE	1	1	1,8	0,0	1,00	0,0	40,0
C	OE	1/4	1	1,8	0,0	1,00	0,0	40,0
D	PG	1	1	1,8	0,0	0,02	0,0	40,0
E	PG	1/4	1	1,8	0,0	0,02	0,0	40,0
F	PG	1/4	1	1,8	0,0	0,02	0,0	40,0
G	PG	1/4	1	1,8	0,0	0,02	0,0	40,0

- OBS. 1 - local de medida;
 2 - classe de indivíduos: PG - público;
 OE - trabalhador;
 3 - fator de ocupação;
 4 - fator de uso;
 5 - carga de trabalho;
 6 - taxa de exposição média medida, subtraído o BG;
 7 - limite derivado semanal de dose equivalente;
 8 - dose equivalente;
 9 - tempo de permanência máximo para não ultrapassar o
 limite derivado semanal de dose equivalente.

TABELA 4.33 - LEITURAS E CÁLCULOS DA MONITORAÇÃO DE ÁREA
 REALIZADA NAS VIZINHANÇAS DO ACELERADOR LINEAR -
 SITUAÇÃO 1^(a)

FICHA 7 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS E CÁLCULOS

EQUIPAMENTO: ACELERADOR LINEAR SALA DATA / /

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: CAMARA DE IONIZAÇÃO

MARCA: VICTOREEN MODELO: 470A No. DE SÉRIE: 4295

LOCAL ¹	CI ²	T ³	U ⁴	W ⁵	\dot{X} ⁶ MÉDIA	DMA ⁷	\dot{H} ⁸	TMP ⁹
				(h/sem)	(mR/h)	(mSv/sem)	(mSv/sem)	(h/sem)
A	OE	1	1/4	6,25	0,98	1,00	$1,53 \times 10^{-2}$	40,0
E ¹⁰	PG	1/16	1/4	6,25	0,18	0,02	$1,76 \times 10^{-4}$	40,0
E ¹¹	PG	1/16	1/4	6,25	7,98	0,02	$7,79 \times 10^{-3}$	40,0
F	PG	1/16	1/4	6,25	0,07	0,02	$6,84 \times 10^{-5}$	40,0
G ¹⁰	PG	1/16	1/4	6,25	0,01	0,02	$9,77 \times 10^{-6}$	40,0
G ¹¹	PG	1/16	1/4	6,25	3,98	0,02	$3,89 \times 10^{-3}$	40,0
J ¹²	PG	1/16	1/4	6,25	0,02	0,02	$1,95 \times 10^{-5}$	40,0
J ¹³	PG	1/16	1/4	6,25	1,58	0,02	$1,54 \times 10^{-3}$	40,0

- OBS. a - feixe primário;
 1 - local de medida;
 2 - classe de indivíduos:
 PG - público; OE - trabalhador;
 3 - fator de ocupação;
 4 - fator de uso;
 5 - carga de trabalho;
 6 - taxa de exposição média medida, subtraído o BG;
 7 - limite derivado semanal de dose equivalente;
 8 - dose equivalente;
 9 - tempo de permanência máximo para não ultrapassar o limite derivado semanal de dose equivalente.
 10 - medida no meio da parede;
 11 - medida no canto próximo à parede grossa;
 12 - medida no centro da sala;
 13 - medida no ponto de máxima exposição da sala;

TABELA 4.34 - LEITURAS E CÁLCULOS DA MONITORAÇÃO DE ÁREA
 REALIZADA NAS VIZINHANÇAS DO ACELERADOR LINEAR -
 SITUAÇÃO 2 (a)

FICHA 7 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS E CÁLCULOS

EQUIPAMENTO: ACELERADOR LINEAR SALA DATA / /

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: CAMARA DE IONIZAÇÃO

MARCA: VICTOREEN MODELO: 470A No. DE SÉRIE: 4295

LOCAL ¹	CI ²	T ³	U ⁴	W ⁵	\dot{X} ⁶ MÉDIA	DMA ⁷	H ⁸	TMP ⁹
				(h/sem)	(mR/h)	(mSv/sem)	(mSv/sem)	(h/sem)
A	OE	1	1	6,25	0,04	1,00	$2,50 \times 10^{-3}$	40,0
B	OE	1	1	6,25	0,78	1,00	$4,88 \times 10^{-2}$	40,0
C	OE	1	1	6,25	0,04	1,00	$2,50 \times 10^{-3}$	40,0
D	OE	1	1	6,25	0,04	1,00	$2,50 \times 10^{-3}$	40,0
E ¹⁰	PG	1/16	1	6,25	0,02	0,02	$7,81 \times 10^{-5}$	40,0
E ¹¹	PG	1/16	1	6,25	1,78	0,02	$6,95 \times 10^{-3}$	40,0
F	PG	1/16	1	6,25	0,04	0,02	$1,56 \times 10^{-4}$	40,0
G	PG	1/16	1	6,25	0,58	0,02	$2,27 \times 10^{-3}$	40,0
H	PG	1/16	1	6,25	0,04	0,02	$1,56 \times 10^{-4}$	40,0
I	PG	1/16	1	6,25	0,02	0,02	$7,81 \times 10^{-5}$	40,0
J	PG	1/16	1	6,25	0,02	0,02	$7,81 \times 10^{-5}$	40,0
K	OE	1	1	6,25	0,0	1,00	0,0	40,0

- OBS. a - feixe a 60° com a vertical, sentido anti-horário;
 1 - local de medida;
 2 - classe de indivíduos:
 PG - público; OE - trabalhador;
 3 - fator de ocupação;
 4 - fator de uso;
 5 - carga de trabalho;
 6 - taxa de exposição média medida, subtraído o BG;
 7 - limite derivado semanal de dose equivalente;
 8 - dose equivalente;
 9 - tempo de permanência máximo para não ultrapassar o limite derivado semanal de dose equivalente.
 10 - medida no meio da parede;
 11 - medida no canto próximo à parede grossa;

FICHA 7 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS E CÁLCULOS

EQUIPAMENTO: COBALTO - 60 SALA DATA / /

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: GEIGER MÜLLER
 MARCA: NORTRON MODELO: NDG - 50R No. DE SÉRIE: 5540

LOCAL ¹	CI ²	T ³	U ⁴	W ⁵	\dot{X} ⁶ MÉDIA	DMA ⁷	\dot{H} ⁸	TMP ⁹
				(h/sem)	(mR/h)	(mSv/sem)	(mSv/sem)	(h/sem)
A	OE	1	1	15	0,2	1,00	$3,0 \times 10^{-2}$	40,0
B	OE	1	1	15	0,2	1,00	$3,0 \times 10^{-2}$	40,0
C	PG	1/16	1	15	0,2	0,02	$1,9 \times 10^{-3}$	40,0
D	OE	1	1/4	15	0,2	1,00	$7,5 \times 10^{-3}$	40,0
E	OE	1	1	15	0,2	1,00	$3,0 \times 10^{-3}$	40,0
F	PG	1/16	1	15	0,2	0,02	$1,9 \times 10^{-3}$	40,0
G	PG	1/16	1/4	15	0,2	0,02	$5,0 \times 10^{-4}$	40,0
H	PG	1/16	1	15	0,2	0,02	$1,9 \times 10^{-3}$	40,0
I	PG	1/16	1/4	15	0,2	0,02	$5,0 \times 10^{-4}$	40,0
J	PG	1/16	1	15	0,2	0,02	$1,9 \times 10^{-3}$	40,0
K	OE	1	1	15	0,2	1,00	$3,0 \times 10^{-2}$	40,0

- OBS. 1 - local de medida;
 2 - classe de indivíduos: PG - público;
 OE - trabalhador;
 3 - fator de ocupação;
 4 - fator de uso;
 5 - carga de trabalho;
 6 - taxa de exposição média medida, subtraído o BG;
 7 - limite derivado semanal de dose equivalente;
 8 - dose equivalente;
 9 - tempo de permanência máximo para não ultrapassar o limite derivado semanal de dose equivalente.
- REGIÕES DE FEIXE DIRETO: D, G, I;
 REGIÕES DE FEIXE ESPALHADO: A, B, C, E, F, H, J, K;

TABELA 4.37 - LEITURAS E CÁLCULOS DA MONITORAÇÃO DE ÁREA
 REALIZADA NO INTERIOR E VIZINHANÇAS DO QUARTO DE
 BRAQUITERAPIA, COM PACIENTE INTERNADA SOB RADIMOLDAGEM COM
 6,51 GBq DE ATIVIDADE E O RESTANTE DAS FONTES NO COFRE

FICHA 7 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS E CÁLCULOS

EQUIPAMENTO: 6,51 GBq de césio-137 SALA DATA / /

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: GEIGER MÜLLER

MARCA: VICTOREEN MODELO: 491/491-30 No. DE SÉRIE: 2796/3171

LOCAL ¹	CI ²	T ³	U ⁴	W ⁵	\dot{X} ⁶ MÉDIA	DMA ⁷	\dot{H} ⁸	TMP ⁹
				(h/sem)	(mR/h)	(mSv/sem)	(mSv/sem)	(h/sem)
A	OE	1/3	1	72,0	4,50X10 ⁺¹	1,00	1,08X10 ⁺¹	3,7
B	OE	1/3	1	72,0	5,98	1,00	1,44	27,8
C	OE	1/3	1	72,0	1,30X10 ⁺¹	1,00	3,12	12,8
D	OE	1/3	1	72,0	1,60X10 ⁺¹	1,00	3,84	10,4
E	OE	1/3	1	72,0	6,30X10 ⁻¹	1,00	1,51X10 ⁻¹	40,0
F	PG	1/12	1	72,0	2,30X10 ⁻¹	0,02	1,38X10 ⁻²	40,0
G	PG	1/3	1	72,0	7,00X10 ⁻²	0,02	1,68X10 ⁻²	40,0
H	PG	1/3	1	72,0	2,50X10 ⁻²	0,02	5,99X10 ⁻³	40,0
I	OE	1/3	1	72,0	8,80X10 ⁻¹	1,00	2,11X10 ⁻¹	40,0
J	PG	1/48	1	72,0	1,30X10 ⁻¹	0,02	1,95X10 ⁻³	40,0
K	PG	1/3	1	72,0	1,00X10 ⁻²	0,02	2,40X10 ⁻³	40,0
L	PG	1/3	1	72,0	0,0	0,02	0,0	40,0
M	PG	1/48	1	72,0	5,00X10 ⁻³	0,02	7,50X10 ⁻⁵	40,0
N	PG	1/3	1	72,0	6,00X10 ⁻²	0,02	1,44X10 ⁻²	40,0
O	PG	1/3	1	72,0	6,00X10 ⁻²	0,02	1,44X10 ⁻²	40,0
P	PG	1/3	1	72,0	7,00X10 ⁻²	0,02	1,68X10 ⁻²	40,0
Q	PG	1/12	1	72,0	0,0	0,02	0,0	40,0
R	PG	1/3	1	72,0	5,00X10 ⁻²	0,02	1,20X10 ⁻²	40,0
S	PG	1/48	1	72,0	1,00X10 ⁻²	0,02	1,54X10 ⁻⁴	40,0
T	PG	1/3	1	72,0	0,0	0,02	0,0	40,0
U	PG	1/12	1	72,0	2,00X10 ⁻²	0,02	1,20X10 ⁻³	40,0

- OBS. 1 - local de medida;
 2 - classe de indivíduos: PG -público; OE -trabalhador;
 3 - fator de ocupação;
 4 - fator de uso;
 5 - carga de trabalho;
 6 - taxa de exposição média medida, subtraído o BG;
 7 - limite derivado semanal de dose equivalente;
 8 - dose equivalente;
 9 - tempo de permanência máximo para não ultrapassar o limite derivado semanal de dose equivalente.

TABELA 4.38 - LEITURAS E CÁLCULOS DA MONITORAÇÃO DE ÁREA
 REALIZADA NO INTERIOR DO DEPÓSITO DE FONTES DE CÉSIO - 137
 USADAS EM BRAQUITERAPIA. (a) MANIPULAÇÃO DE FONTES COM ATIVIDADE
 TOTAL DE 4,56 GBq - SIMULAÇÃO

FICHA 7 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS E CÁLCULOS

EQUIPAMENTO: 4,56 GBq de césio-137 SALA: DATA / /

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: GEIGER MÜLLER / CAMARA DE IONIZAÇÃO

MARCA: VICTOREEN MODELO: 491/491-30/470A No. SÉRIE: 2796/3171/4295

1	2	3	4	5	6	7	8	9
LOCAL	CI	PARTE DO CORPO	T	U	W	\dot{X} MÉDIA	DMA	\dot{H}
					(h/sem)	(mR/h)	(mSv/sem)	(mSv/sem)
A	OE	tórax	$1,2 \times 10^{-4}$	1	168,0	$1,26 \times 10^{+1}$	1,0	$2,62 \times 10^{-3}$
A ¹⁰	OE	mãos	$1,2 \times 10^{-4}$	1	168,0	$1,03 \times 10^{+3}$	10,0	$2,15 \times 10^{-1}$
C	OE	tórax	$1,2 \times 10^{-4}$	1	168,0	$1,65 \times 10^{+2}$	1,0	$3,45 \times 10^{-2}$
C ¹⁰	OE	mãos	$1,2 \times 10^{-4}$	1	168,0	$1,03 \times 10^{+3}$	10,0	$2,15 \times 10^{-1}$

OBS. a - leituras atrás da blindagem de Pb e a 50 cm de distância da carga montada;

1 - local de medida;

2 - classe de indivíduos: PG - público;
 OE - trabalhador;

3 - parte do corpo mais exposta no local em questão;

4 - fator de ocupação;

5 - fator de uso;

6 - carga de trabalho;

7 - taxa de exposição média medida, subtraído o BG;

8 - limite derivado semanal de dose equivalente;

9 - dose equivalente;

10 - mãos a 20,0 cm de distância da carga montada.

TABELA 4.40 - LEITURAS E CÁLCULOS DA MONITORAÇÃO DE ÁREA
 REALIZADA NAS VIZINHANÇAS DO DEPÓSITO DE FONTES DE CÉSIO -
 137 USADAS EM BRAQUITERAPIA. TODAS AS FONTES NO COFRE, COM
 ATIVIDADE TOTAL DE 43,86 GBq

FICHA 7 - MONITORAÇÃO DE ÁREA - MEDIDAS E CÁLCULOS

EQUIPAMENTO: 43,86 GBq de césio-137 SALA: DATA / /

EQUIPAMENTO DE MEDIDA: GEIGER MÜLLER

MARCA: VICTOREEN MODELO: 491/491-30 No. DE SÉRIE: 2796/3171

LOCAL ¹	CI ²	T ³	U ⁴	W ⁵	\dot{X} ⁶ MÉDIA	DMA ⁷	\dot{H} ⁸	TMP ⁹
				(h/sem)	(mR/h)	(mSv/sem)	(mSv/sem)	(h/sem)
A	PG	1/17	1	168,0	0,0	0,02	0,0	40,0
B	PG	1/67	1	168,0	$3,00 \times 10^{-2}$	0,02	$7,52 \times 10^{-4}$	40,0
C	PG	1/4	1	168,0	0,0	0,02	0,0	40,0
D	PG	1/4	1	168,0	0,0	0,02	0,0	40,0
E	PG	1/4	1	168,0	0,0	0,02	0,0	40,0
F	PG	1/4	1	168,0	0,0	0,02	0,0	40,0
G	PG	1/4	1	168,0	0,0	0,02	0,0	40,0
H	PG	1/67	1	168,0	0,0	0,02	0,0	40,0

- OBS. 1 - local de medida;
 2 - classe de indivíduos: PG - público;
 OE - trabalhador;
 3 - fator de ocupação;
 4 - fator de uso;
 5 - carga de trabalho;
 6 - taxa de exposição média medida, subtraído o BG;
 7 - limite derivado semanal de dose equivalente;
 8 - dose equivalente;
 9 - tempo de permanência máximo para não ultrapassar o
 limite derivado semanal de dose equivalente.

5 - CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS, DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A classificação de áreas, das condições de trabalho e a discussão dos resultados obtidos em cada um dos Serviços analisados estão colocados a seguir. Os resultados serão apresentados por Serviço.

5.1 - CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS

Para facilitar a manipulação e o uso dos dados resultantes das monitorações de área para classificá-las, foram feitas tabelas, aqui chamadas de intermediárias, que apresentam os valores de dose equivalente semanal média encontrados para cada uma das áreas físicas - que englobam, em algumas situações, vários locais de monitoração - considerando-as como se fossem irradiadas por apenas uma fonte ou aparelho (teleterapia) ou condição de uso (braquiterapia). Em seguida foi calculada a dose equivalente total para cada área considerada e os resultados foram usados para sua classificação em controlada, supervisionada ou livre.

A classificação das áreas foi feita segundo o seguinte critério^[07,08,09]:

ÁREA CONTROLADA :

$$\dot{H}_T > 3,00 \times 10^{-1} \text{ mSv/semana};$$

ÁREA SUPERVISIONADA:

$$3,00 \times 10^{-1} \geq \dot{H}_T > 2,00 \times 10^{-2} \text{ mSv/semana}; \text{ e}$$

ÁREA LIVRE:

$$\dot{H}_T \leq 2,00 \times 10^{-2} \text{ mSv/semana.}$$

Os cálculos efetuados para confeccionar as tabelas intermediárias, apresentadas mais adiante, levam em consideração a taxa de dose equivalente verificada na área em questão, X_T , o fator de uso, U , um tempo de permanência na área de 40 horas semanais, ou 2000 horas anuais^[07,08,09], e a carga de trabalho, W , para o aparelho ou fonte em 40 horas semanais. A limitação física destas áreas é definida por barreiras estruturais existentes, como paredes, portas, etc..

A dose equivalente semanal utilizada para classificar as áreas que são irradiadas por mais que um aparelho ou por mais que um procedimento, foi calculada como a soma das doses equivalentes semanais devido a cada um deles.

5.1.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

O interior da sala do aparelho fixo de raios X analisado é classificado como área controlada em função da taxa de dose equivalente existente no feixe - em fluoroscopia, a taxa de dose equivalente na posição de entrada do feixe no paciente é de 8,8 mSv/minuto. São feitos, em média, 03 exames por dia e cada um deles corresponde a cerca de 10 minutos de feixe devido à fluoroscopia. Portanto, a dose equivalente semanal no interior da sala pode chegar a 1,32 Sv/semana.

As áreas vizinhas à sala do aparelho fixo de raios X e ao aparelho portátil de raios X não puderam ser classificadas pois, conforme descrito nos itens 3.6.1.1 b) e 3.6.1.2 b), os resultados das monitorações de área realizadas foram inconclusivos. No entanto, com base nos resultados da monitoração individual rotineira, podemos inferir que os valores das doses equivalentes nestas regiões são muito pequenos.

5.1.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

O interior da sala do aparelho de raios X (CARDOSKOP) do Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC é classificado como área controlada em função do nível da taxa de dose equivalente lá encontrado. Têm sido feitos, em média, 7,2 exames por semana com cerca de 9,0 minutos de fluoroscopia por exame. Desta forma, a dose equivalente no interior da sala devido ao feixe útil (11,2 mSv/min) pode chegar a 0,7 Sv/semana e devido ao feixe espalhado (1,80 mSv/h) pode chegar a 1,94 mSv/semana.

As medidas realizadas em todas as vizinhanças da sala indicaram que as barreiras existentes são efetivas (vide tabela 4.32) e, portanto, essas áreas são classificadas como livres.

5.1.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

5.1.3.1 - SIMULADOR DE RADIOTERAPIA

O interior da sala do simulador de radioterapia é classificado como área supervisionada quando se considera a taxa de dose equivalente devido à radiação de fuga do cabeçote (0,16 mSv/h). Como são feitos, em média, 10 planejamentos por semana com cerca de 5,0 minutos de fluoroscopia por planejamento, a dose equivalente devido à radiação de fuga pode chegar a $1,34 \times 10^{-1}$ mSv/semana.

A taxa de dose equivalente no feixe útil não foi medida, mas pode-se inferir que é da ordem de 10,0 mSv/minuto, a exemplo dos aparelhos de raios X do RXD/HC e CC/HC, e isto faria com que a área correspondente ao interior da sala do simulador fosse classificada como controlada. A medida da taxa de dose equivalente na entrada do paciente com o aparelho funcionando no modo de fluoroscopia que,

considerando-se a finalidade do aparelho, não precisaria ser feita, é necessária para a classificação da área. Isto será feito futuramente como aprimoramento deste trabalho.

Com relação às vizinhanças da sala não se pode afirmar nada sobre sua classificação em função da impossibilidade de realizar medidas com os equipamentos disponíveis, conforme já comentado no item 3.6.3.1 b). Posteriormente serão feitas medidas com dosímetros termoluminescentes e, então, será feita a classificação destas áreas.

5.1.3.2 - ACELERADOR LINEAR

O interior da sala do acelerador linear é classificado como área controlada em função do nível da taxa de dose equivalente no feixe útil, igual a 2,1 Sv/minuto. A dose equivalente no interior da sala pode ser de 375,0 Sv/semana.

A tabela 5.01, a seguir, intermediária, apresenta os resultados da monitoração de área, o fator de uso e a dose equivalente semanal devido ao acelerador linear para as áreas em questão. Esta última será usada, mais adiante, para classificar as áreas vizinhas aos equipamentos de teleterapia. O fator de uso utilizado é aquele recomendado na literatura^[20], pois o aparelho funciona em sua carga de trabalho máxima.

Os cálculos de taxa de exposição total, \dot{X}_T , e de dose equivalente derivada semanal, \dot{H}_T , nos pontos em questão, foram feitos segundo as equações colocadas a seguir:

$$\dot{X}_T = (\dot{X}_P \times U_P) + \dot{X}_S,$$

e

$$\dot{H}_T = (\dot{X}_T \times W) \div 100, \text{ onde:}$$

\dot{X}_T - taxa de exposição total devido à irradiação por feixe primário e por feixe espalhado, em mR/h;

\dot{X}_P - taxa de exposição devido à irradiação por feixe primário, em mR/h;

U_P - fator de uso do feixe primário na direção do local em questão;

\dot{X}_S - taxa de exposição devido à irradiação por feixe espalhado, em mR/h;

\dot{H}_T - dose equivalente semanal na área de interesse, em mSv/sem;

W - carga de trabalho, igual a 6,25 horas por semana;

100 - fator de conversão de mR para mSv, considerando que para valores de taxa de dose equivalente inferiores aos

limites pertinentes, pode-se considerar a taxa de exposição, em R/h, como igual à taxa de dose absorvida, em rad/h, e à taxa de dose equivalente em rem/h⁽¹⁹⁾.

5.1.3.3 - APARELHO DE COBALTO - 60

O interior da sala do aparelho de cobalto - 60 é classificado como área controlada em função do nível da taxa de exposição no feixe útil e ao redor do cabeçote. No caso específico do aparelho de cobalto - 60, a taxa de exposição alta ao redor do cabeçote ocorre também quando a fonte está recolhida no interior da blindagem. Para o feixe útil a taxa de dose equivalente é de 0,5 Sv/minuto, podendo chegar a 451,0 Sv/semana.

A tabela 5.02, intermediária, apresenta os resultados da monitoração de área, o fator de uso e a dose equivalente semanal devido ao aparelho de cobalto - 60 para as áreas em questão. Esta última será usada, mais adiante, para classificar as áreas vizinhas aos equipamentos de teleterapia. O fator de ocupação utilizado é aquele recomendado na literatura^[20], pois o aparelho funciona em sua carga de trabalho máxima.

Os cálculos de dose equivalente derivada semanal, \dot{H}_T , nos pontos em questão, foram feitos segundo a seguinte equação:

$$\dot{H}_T = (\dot{X} \times U \times W) \div 100, \text{ onde:}$$

\dot{H}_T - dose equivalente semanal na área de interesse, em mSv/sem;

\dot{X} - taxa de exposição no local de interesse, em mR/h;

U - fator de uso;

W - carga de trabalho, igual a 15,0 horas/semana;

100 - fator de conversão de mR para mSv, considerando que para valores de taxa de dose equivalente inferiores aos limites pertinentes, pode-se considerar a taxa de exposição, em R/h, como igual à taxa de dose absorvida, em rad/h, e à taxa de dose equivalente em rem/h⁽²³⁾.

5.1.3.4 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS VIZINHAS AOS APARELHOS DE TELETERAPIA DO RXT/CAISM

As vizinhanças dos aparelhos de teleterapia do RXT/CAISM apresentam algumas áreas que são irradiadas pelos dois aparelhos ao mesmo tempo. Para as áreas comuns, os locais usados para a monitoração relativa a cada um dos aparelhos não são os mesmos. Por isso, para essas áreas foi feita uma média aritmética das doses equivalentes em todos os locais e

o resultado foi multiplicado por 2 para considerar a irradiação pelos dois aparelhos ao mesmo tempo. Os resultados estão apresentados na tabela 5.03.

TABELA 5.01 - RESULTADOS INTERMEDIÁRIOS USADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS NAS VIZINHANÇAS DA SALA DO ACELERADOR LINEAR

¹ LOCAL	² \dot{X}_P (mR/h)	³ U_P	⁴ \dot{X}_S (mR/h)	⁵ \dot{X}_T (mR/h)	⁶ \dot{H}_T (mSv/sem)
A	0,98	1/4	0,06	$3,05 \times 10^{-1}$	$1,91 \times 10^{-2}$
B	0,00	---	0,78	$7,80 \times 10^{-1}$	$4,88 \times 10^{-2}$
C	0,00	---	0,04	$4,00 \times 10^{-2}$	$2,50 \times 10^{-3}$
D	0,00	---	0,13	$1,30 \times 10^{-1}$	$8,13 \times 10^{-3}$
E ⁷	0,18	1/4	0,02	$6,50 \times 10^{-2}$	$4,06 \times 10^{-3}$
E ⁸	7.98	1/4	1.78	3,78	$2,36 \times 10^{-1}$
F	0,07	1/4	0,04	$5,75 \times 10^{-2}$	$3,59 \times 10^{-3}$
G ⁷	0,01	1/4	0,58	$5,83 \times 10^{-1}$	$3,64 \times 10^{-2}$
G ⁸	3.98	1/4	0,58	1,58	$9,88 \times 10^{-2}$
H	0,00	---	0,04	$4,00 \times 10^{-2}$	$2,50 \times 10^{-3}$
I	0,00	---	0,02	$2,00 \times 10^{-2}$	$1,25 \times 10^{-3}$
J ⁹	0,02	1/4	0,02	$2,50 \times 10^{-2}$	$1,38 \times 10^{-2}$
J ¹⁰	1,58	1/4	0,02	$4,15 \times 10^{-1}$	
K	0,00	---	0,00	0.00	0.00

- OBS: 1 - locais de monitoração, mostrados na figura 5.01;
 2 - taxa de exposição devido à feixe primário;
 3 - fator de uso para feixe primário;
 4 - taxa de exposição devido à feixe espalhado, foi usado o maior valor obtido;
 5 - taxa de exposição total;
 6 - dose equivalente semanal;
 7 - medida no meio da parede;
 8 - medida no canto, próximo à parede grossa;
 9 - medida no centro da sala;
 10 - medida no ponto de máxima exposição da sala.

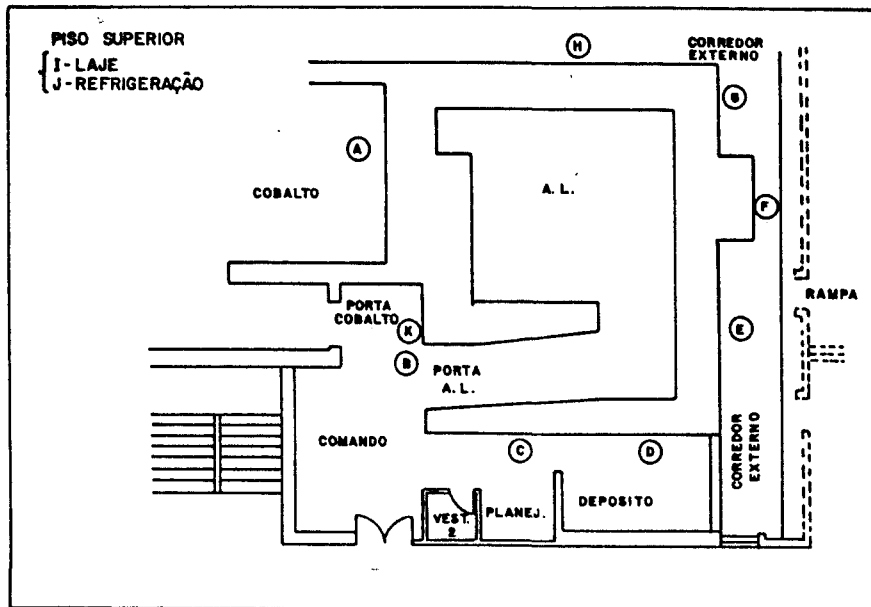


FIGURA 5.01 - PONTOS DE MONITORAÇÃO NAS VIZINHANÇAS DO ACELERADOR

TABELA 5.02 - RESULTADOS INTERMEDIÁRIOS USADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS NAS VIZINHANÇAS DA SALA DO COBALTO - 60

LOCAL ¹	\dot{X} ² (mR/h)	U ³	\dot{H} ⁴ (mSv/sem)
A	0,18	1	$2,70 \times 10^{-2}$
B	0,18	1	$2,70 \times 10^{-2}$
C	0,18	1	$2,70 \times 10^{-2}$
D	0,18	1/4	$6,75 \times 10^{-3}$
E	0,18	1	$2,70 \times 10^{-2}$
F	0,18	1	$2,70 \times 10^{-2}$
G	0,18	1/4	$6,75 \times 10^{-3}$
H	0,18	1	$2,70 \times 10^{-2}$
I	0,18	1/4	$6,75 \times 10^{-3}$
J	0,18	1	$2,70 \times 10^{-2}$
K	0,18	1	$2,70 \times 10^{-2}$

OBS. 1 - locais de monitoração, mostrados na figura 5.02;
 2 - taxa de exposição no local de interesse;
 3 - fator de uso;
 4 - dose equivalente semanal na área de interesse.

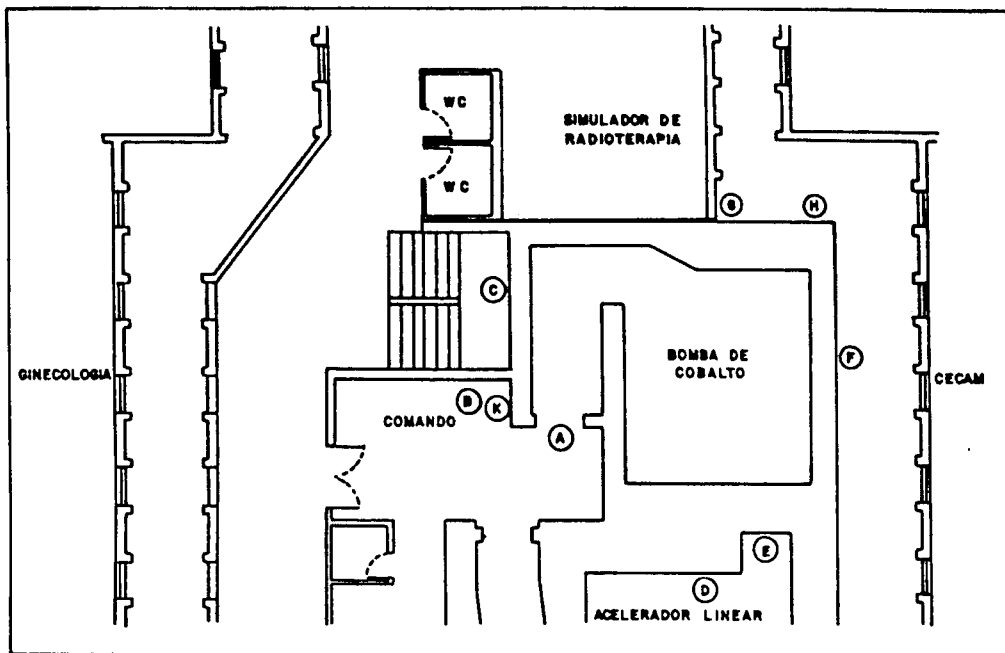


FIGURA 5.02 - PONTOS DE MONITORAÇÃO NAS VIZINHANÇAS DO COBALTO-60

5.1.3.5 - FONTES DE CÉSIO - 137 USADAS EM BRAQUITERAPIA

Os resultados das monitorações, os fatores considerados nos cálculos e os resultados usados para a classificação de área do quarto utilizado para braquiterapia, do depósito de fontes e de suas vizinhanças estão apresentados nas tabelas 5.04 a 5.06, a seguir.

Os cálculos de taxa de exposição total, \dot{X}_T , e de dose equivalente derivada semanal, \dot{H}_T , nos pontos em questão, foram feitos segundo a equação colocada a seguir:

$$\dot{H}_T = (\dot{X} \times W) \div 100, \text{ onde:}$$

- \dot{H}_T - dose equivalente semanal na área de interesse, em mSv/sem;
- \dot{X} - taxa de exposição média medida, em mR/h;
- W - carga de trabalho, em h/semana;
- 100 - fator de conversão de mR para mSv, considerando que para valores de taxa de dose equivalente inferiores aos limites pertinentes, pode-se considerar a taxa de exposição, em R/h, como igual à taxa de dose absorvida, em rad/h, e à taxa de dose equivalente em rem/h^[19].

Para facilitar o manuseio dos dados, as três primeiras tabelas, intermediárias, apresentam resultados parciais, como se a irradiação das áreas ocorresse somente devido àquela situação específica. No caso do interior do depósito (tabela 5.06) são apresentados somente os pontos onde ocorre

irradiação de tórax.

A carga de trabalho considerada varia de acordo com a situação de irradiação das áreas. Para a situação de irradiação devido a paciente sob braquiterapia, a carga de trabalho é de 24,0 horas por semana. Já para a situação de todas as fontes no cofre, a carga de trabalho é de 16,0 horas por semana.

TABELA 5.03 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS VIZINHAS ÀS SALAS DO ACELERADOR LINEAR E DO COBALTO - 60

REGIÃO ¹	LOCAIS ²		\dot{H}_T ³ (mSv/sem)	CLASSIF. ⁴ DE ÁREA
	A.L.	Co-60		
console dos equipamentos	B K	A B K	$5,19 \times 10^{-2}$	SUPERVIS.
escada	---	C	$2,70 \times 10^{-2}$	SUPERVIS.
corredor interno	C	---	$2,50 \times 10^{-3}$	LIVRE
depósito	D	---	$8,13 \times 10^{-3}$	LIVRE
corredor ext. lat. cobalto	---	G H	$1,69 \times 10^{-2}$	LIVRE
corredor ext. fundo AL-Co	H	F	$2,95 \times 10^{-2}$	SUPERVIS.
corredor ext. lat. Aceler.	E F G	---	$7,58 \times 10^{-2}$	SUPERVIS.
laje	I	I J	$1,17 \times 10^{-2}$	LIVRE
refrigeração	J	---	$1,38 \times 10^{-2}$	LIVRE

OBS. 1 - área física limitada por paredes, portas, etc., cuja localização é mostrada nas figuras 5.01 e 5.02;

2 - locais monitorados dentro da região de interesse e cujas doses contribuem para a dose equivalente da região;

3 - dose equivalente semanal na área de interesse. Foi calculada uma dose equivalente média devido a cada um dos aparelhos e estas foram, então, somadas;

4 - classificação das áreas de acordo com o critério apresentado no item 5.1.

TABELA 5.04 - RESULTADOS INTERMEDIÁRIOS USADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS VIZINHANÇAS DO QUARTO DE BRAQUITERAPIA COM PACIENTE SOB RADIOMOLDAGEM

LOCAL ¹	\dot{X} ² (mR/h)	\dot{H}_T ³ (mSv/sem)
A	$4.50 \times 10^{+1}$	4.80
B	5.98	
C	$1.30 \times 10^{+1}$	
D	$1.60 \times 10^{+1}$	
E	6.30×10^{-1}	1.51×10^{-1}
F	2.30×10^{-1}	5.52×10^{-2}
G	7.00×10^{-2}	1.68×10^{-2}
H	2.50×10^{-2}	6.00×10^{-3}
I	8.80×10^{-1}	2.11×10^{-1}
J	1.30×10^{-1}	3.12×10^{-2}
K	1.00×10^{-2}	2.40×10^{-3}

LOCAL ¹	\dot{X} ² (mR/h)	\dot{H}_T ³ (mSv/sem)
L	0.0	0.0
M	5.00×10^{-3}	1.20×10^{-3}
N	6.00×10^{-2}	1.52×10^{-2}
O	6.00×10^{-2}	
P	7.00×10^{-2}	
Q	0.0	0.0
R	5.00×10^{-2}	1.20×10^{-2}
S	1.00×10^{-2}	2.40×10^{-3}
T	0.0	0.0
U	2.00×10^{-2}	4.80×10^{-3}

- OBS. 1 - locais de monitoração, mostrados na figura 5.03 a seguir;
 2 - taxa de exposição média medida;
 3 - dose equivalente semanal, considerando a carga de trabalho, W, igual a 24,0 horas/semana.

TABELA 5.05 - RESULTADOS INTERMEDIÁRIOS USADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS VIZINHANÇAS DO DEPÓSITO DE FONTES COM TODAS AS FONTES NO COFRE

LOCAL ¹	\dot{X} ² (mR/h)	\dot{H}_T ³ (mSv/sem)
A	0.0	0.0
B	3.00×10^{-2}	4.80×10^{-3}
C	0.0	0.0
D	0.0	0.0

LOCAL ¹	\dot{X} ² (mR/h)	\dot{H}_T ³ (mSv/sem)
E	0.0	0.0
F	0.0	0.0
G	0.0	0.0
H	0.0	0.0

- OBS. 1 - locais de monitoração, mostrados na figura 5.04 a seguir;
 2 - taxa de exposição média medida;
 3 - dose equivalente semanal, considerando a carga de trabalho, W, igual a 16,0 horas/semana.

A tabela 5.07 apresenta os resultados finais e a classificação das áreas considerando que a maioria das regiões analisadas é irradiada, tanto quando há paciente sob radiomoldagem e o restante das fontes está no cofre, como quando todas as fontes estão no cofre. As situações analisadas são exclusivas entre si e a dose equivalente total para as áreas de interesse foi calculada como a soma das doses equivalentes devido a cada uma delas.

TABELA 5.06 - RESULTADOS INTERMEDIÁRIOS USADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO INTERIOR DO DEPÓSITO DE FONTES, COM TODAS AS FONTES NO COFRE

LOCAL ¹	\dot{X} ² (mR/h)	\dot{H}_T ³ (mSv/sem)
A	5.80×10^{-1}	1.25×10^{-1}
C	9.80×10^{-1}	

- OBS. 1 - locais de monitoração, mostrados na figura 5.05 a seguir;
 2 - taxa de exposição média medida;
 3 - dose equivalente semanal.

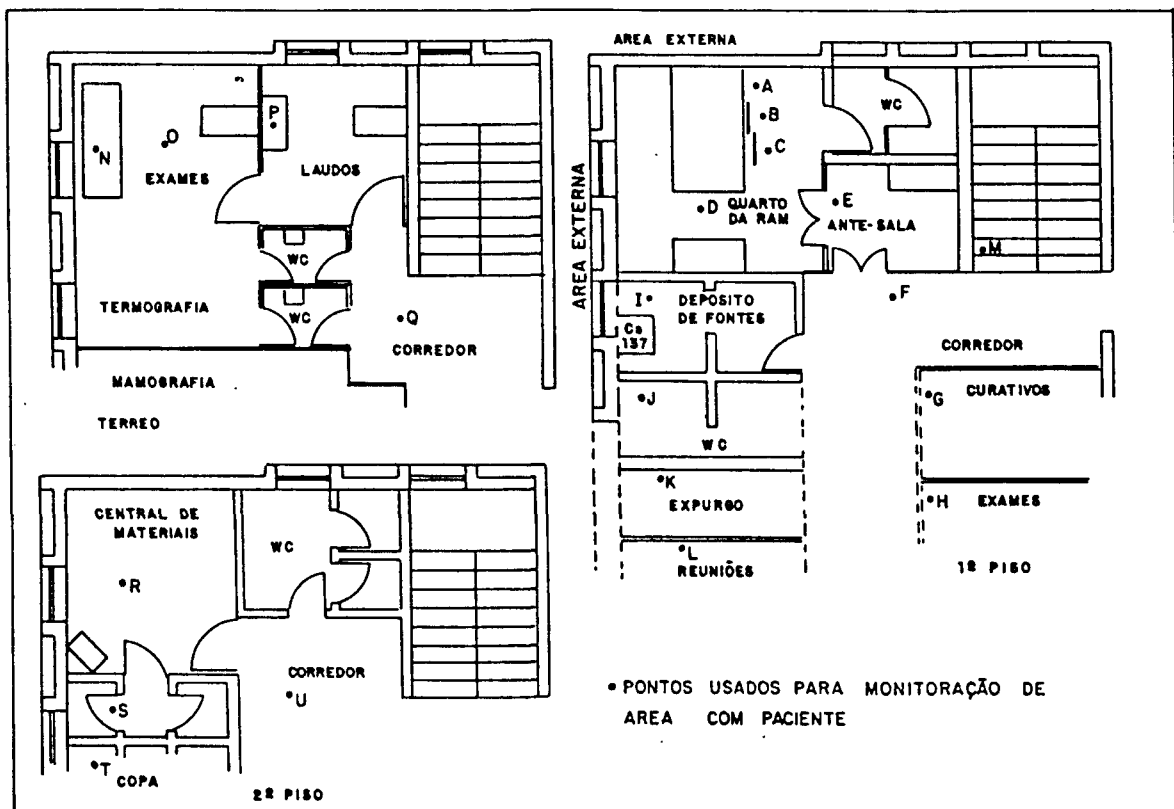


FIGURA 5.03 - LOCAIS DE MONITORAÇÃO COM PACIENTE SOB RADIOMOLDAGEM

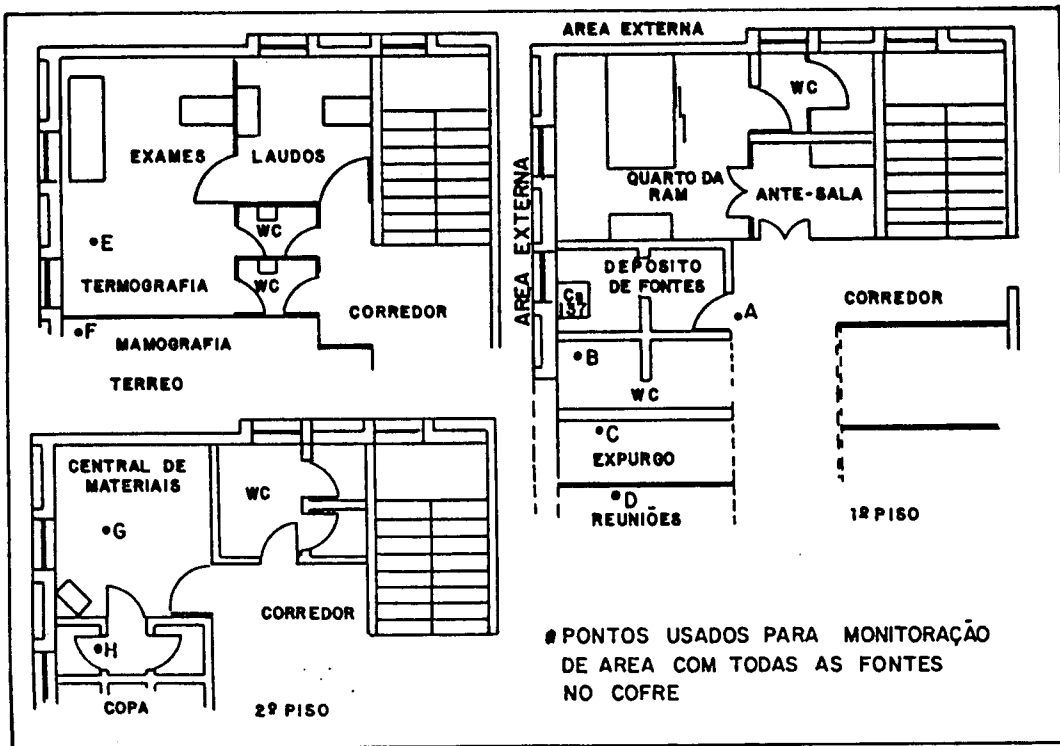


FIGURA 5.04 - LOCAIS DE MONITORAÇÃO COM TODAS AS FONTES NO COFRE

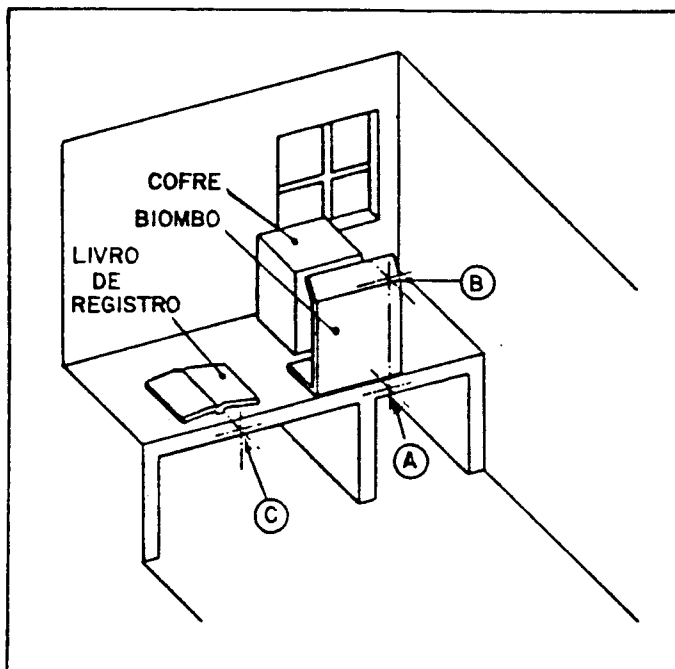


FIGURA 5.05 - DIAGRAMA COM OS PONTOS DE MONITORAÇÃO DO INTERIOR DO DEPÓSITO

TABELA 5.07 - CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA DO INTERIOR E VIZINHANÇAS DO QUARTO USADO PARA BRAQUITERAPIA E DO DEPÓSITO DAS FONTES

REGIÃO ¹	LOCAIS ²				\dot{H}_T ³ (mSv/sem)	CLASSIF. ⁴ DE ÁREA	
	RAM ⁵ COFRE						
quarto de braquiterapia	A	B	C	D	---	4,80	CONTROL.
ante-sala	E				---	$1,51 \times 10^{-1}$	SUPERVIS.
corredor do 1o. piso	F				A	$5,52 \times 10^{-2}$	SUPERVIS.
sala de curativos	G				---	$1,68 \times 10^{-2}$	LIVRE
sala de exames	H				---	$6,00 \times 10^{-3}$	LIVRE
depósito das fontes	I				A ₁ C ₁ ⁶	$3,36 \times 10^{-1}$	CONTROL.
banheiro do 1o. piso	J				B	$3,60 \times 10^{-2}$	SUPERVIS.
expurgo	K				C	$2,40 \times 10^{-3}$	LIVRE
sala de reuniões	L				D	0,0	LIVRE
escada	M				---	$1,20 \times 10^{-3}$	LIVRE
termografia	N O P				E	$1,52 \times 10^{-2}$	LIVRE
corredor do térreo	Q				---	0,0	LIVRE
mamografia	---				F	0,0	LIVRE
depósito de materiais	R				G	$1,20 \times 10^{-2}$	LIVRE
banheiro do 2o. piso	S				H	$2,40 \times 10^{-3}$	LIVRE
copa	T				---	0,0	LIVRE
corredor do 2o. piso	U				---	$4,80 \times 10^{-3}$	LIVRE

- OBS. 1 - área física limitada por paredes, portas, etc.;
- 2 - locais monitorados dentro da região de interesse e cujas doses contribuem para a dose equivalente da região;
- 3 - dose equivalente semanal na área de interesse. Foi calculada uma dose equivalente média devido a cada uma das situações e estas foram então somadas.
- 4 - classificação das áreas de acordo com o critério apresentado no item 5.1.
- 5 - radiomoldagem;
- 6 - A₁ e C₁ são pontos referentes à monitoração feita no interior do depósito com todas as fontes no cofre.

5.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO

A monitoração individual de trabalhadores da UNICAMP é feita desde 1985. Neste período, por razões internas à universidade, ocorreram duas interrupções de 6 meses nesta monitoração, durante as quais a dose dos trabalhadores foi considerada como "dose desconhecida". De 1985 para cá ocorreram modificações na universidade, foram criados setores novos e alguns outros setores encerraram suas atividades. Desta forma, existem diferenças no tempo total de monitoração dos diferentes setores da universidade, dentre os quais estão os serviços analisados neste trabalho.

A classificação dos trabalhadores de cada um dos setores abrangidos por este trabalho foi feita tendo como base todos os resultados de monitoração individual de todos os trabalhadores desses setores. As "doses desconhecidas" foram desconsideradas.

Dentro de cada setor há diferenças de atividades entre alguns trabalhadores e há, ainda, trabalhadores que executam mais de uma atividade em suas tarefas.

Além disso, ocorreram algumas alterações nas atividades dos trabalhadores em função do início de outras novas, como é o caso da radiomoldagem, ou em função de alterações quantitativas ou qualitativas em alguns procedimentos.

Serão apresentadas, então, a dose equivalente média anual de cada um dos trabalhadores do setor e com base nos resultados será efetuada sua classificação na Condição de Trabalho A ou B^[07,08,09]. Os trabalhadores estão divididos em categorias, de acordo com os tipos de atividades por eles desenvolvidas.

Posteriormente serão apresentadas as doses equivalentes médias anuais de cada categoria de trabalhadores de um mesmo setor, baseados na média aritmética de suas doses.

Os resultados serão apresentados por ordem de setor.

5.2.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

A classificação das condições de trabalho dos profissionais ligados ao Serviço de Radiodiagnóstico/HC foi baseada nos dados de monitoração individual de cerca de 8,0 anos. Neste período, o RXD/HC contou com os serviços de 12 médicos, 45 residentes, 38 técnicos e 13 profissionais de enfermagem.

Os gráficos das figuras 5.06, 5.07, 5.08 e 5.09, a seguir, mostram as doses equivalentes médias anuais dos servidores de cada categoria de profissionais do RXD/HC e o número de meses de monitoração de cada um deles, colocado sobre suas respectivas barras de doses. As tabelas 5.08 a 5.11, também colocadas a seguir, apresentam a classificação desses trabalhadores em função de suas doses equivalentes

médias anuais.

a) médicos

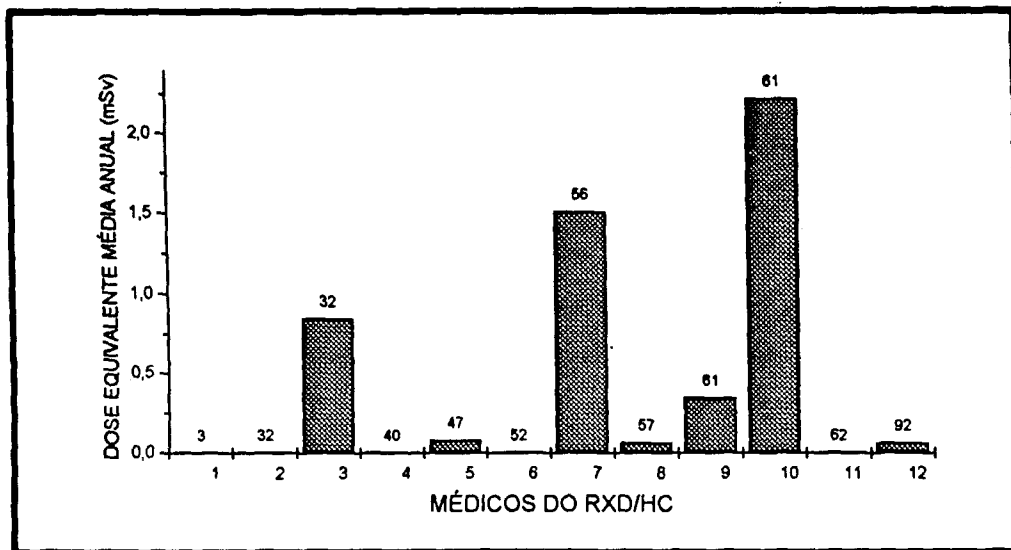


FIGURA 5.06 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS MÉDICOS DO RXD/HC

TABELA 5.08 - CLASSIFICAÇÃO DOS MÉDICOS DO RXD/HC

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	0,0	B	07	7,00	B
02	0,0	B	08	0,29	B
03	2,24	B	09	1,75	B
04	0,0	B	10	11,25	B
05	0,30	B	11	0,0	B
06	0,0	B	12	0,45	B

- OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho, sendo:
 . condição A: dose equivalente anual superior a 3/10 do limite primário pertinente;
 . condição B: dose equivalente anual igual ou inferior a 3/10 do limite primário pertinente.

Os 12 médicos do RXD/HC têm doses equivalentes médias anuais inferiores a 15,0 mSv e, portanto, são classificados na condição de trabalho B, conforme mostrado na tabela 5.08. Entre eles existem 08 profissionais cujas doses equivalentes médias anuais são inferiores ao limite primário para indivíduos do público e podem ser classificados como tal. Só

os profissionais de números 07 e 10 têm doses equivalentes médias anuais superiores ao nível de registro.

b) residentes

Entre todos os residentes do RXD/HC existem 30 profissionais que podem ser classificados como indivíduos do público, pois têm suas doses equivalentes anuais inferiores a 1,0 mSv. Dos restantes, 01 foi classificado na condição A de trabalho e os outros 14 na condição B. Isto pode ser verificado mais claramente na tabela 5.09 que se encontra a seguir. Somente os profissionais de números 14, 38 e 39 têm doses superiores ao nível de registro.

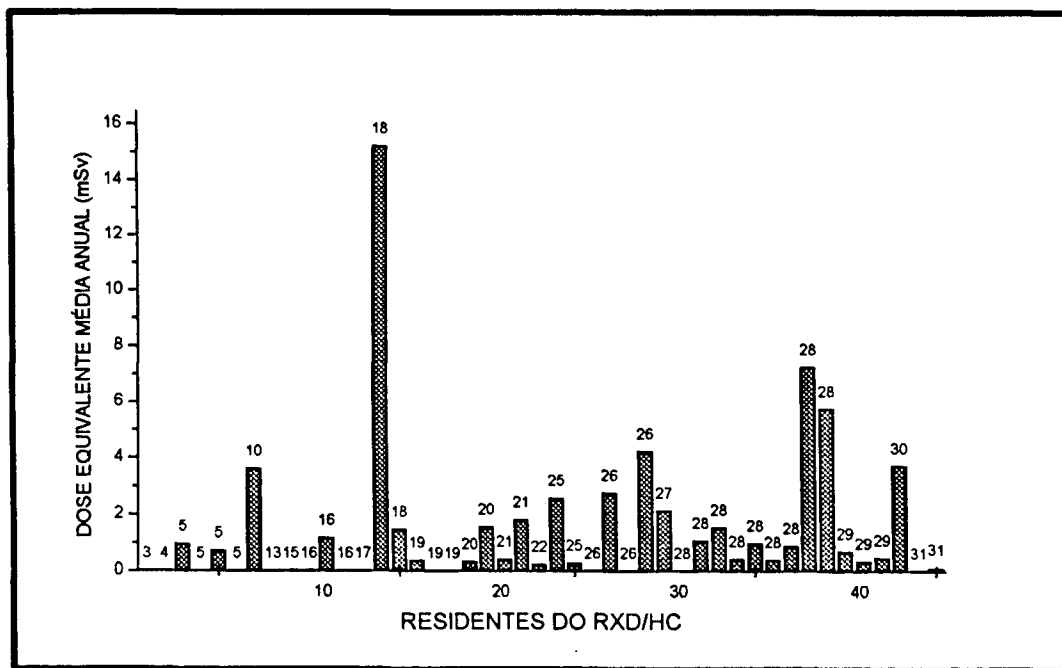


FIGURA 5.07 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS RESIDENTES DO RXD/HC

c) técnicos

Conforme mostrado na tabela 5.10, os 38 técnicos do RXD/HC são classificados na condição B de trabalho. As doses equivalentes médias anuais de 35 destes profissionais são inferiores aos limites anuais para indivíduos do público e, portanto, classificam-nos como tal. A exceção fica por conta de três técnicos que estão entre os mais antigos do serviço e que provavelmente auxiliam nos exames mais sofisticados, que resultam em doses equivalentes maiores. Nenhum dos técnicos tem doses equivalentes superiores ao nível de registro.

d) profissionais de enfermagem

As doses equivalentes médias anuais dos profissionais de enfermagem do RXD/HC situam-se abaixo do nível de registro e, com uma única exceção, abaixo do limite primário para indivíduos do público. Conforme pode ser visto na tabela 5.11, os 13 profissionais de enfermagem do RXD/HC são classificados na condição de trabalho B.

TABELA 5.09 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESIDENTES DO RXD/HC

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	0,0	B	24	2,56	B
02	0,0	B	25	0,28	B
03	0,96	B	26	0,0	B
04	0,0	B	27	2,76	B
05	0,72	B	28	0,0	B
06	0,0	B	29	4,25	B
07	3,61	B	30	2,14	B
08	0,0	B	31	0,0	B
09	0,0	B	32	1,06	B
10	0,0	B	33	1,52	B
11	1,17	B	34	0,41	B
12	0,0	B	35	0,98	B
13	0,0	B	36	0,39	B
14	15,22	A	37	0,89	B
15	1,47	B	38	7,25	B
16	0,38	B	39	5,77	B
17	0,0	B	40	0,69	B
18	0,0	B	41	0,34	B
19	0,32	B	42	0,46	B
20	1,55	B	43	3,74	B
21	0,42	B	44	0,0	B
22	1,80	B	45	0,13	B
23	0,23	B			

OBS. 1 - identificação do profissional;

2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;

3 - condição de trabalho;

A figura 5.10 apresenta o gráfico com as doses

equivalentes médias anuais de cada categoria de trabalhadores, que foi calculada a partir da média aritmética da dose equivalente média anual de cada um dos profissionais que prestam ou prestaram serviço no RXD/HC. Além disso, o gráfico mostra também a dose equivalente média anual encontrada no Serviço de Radiodiagnóstico/HC. Como pode ser verificado também a partir da tabela 5.12, as doses equivalentes médias anuais das diferentes categorias de profissionais do RXD/HC são inferiores ao nível de registro e, com exceção dos residentes, são inferiores aos limites primários para indivíduos do público.

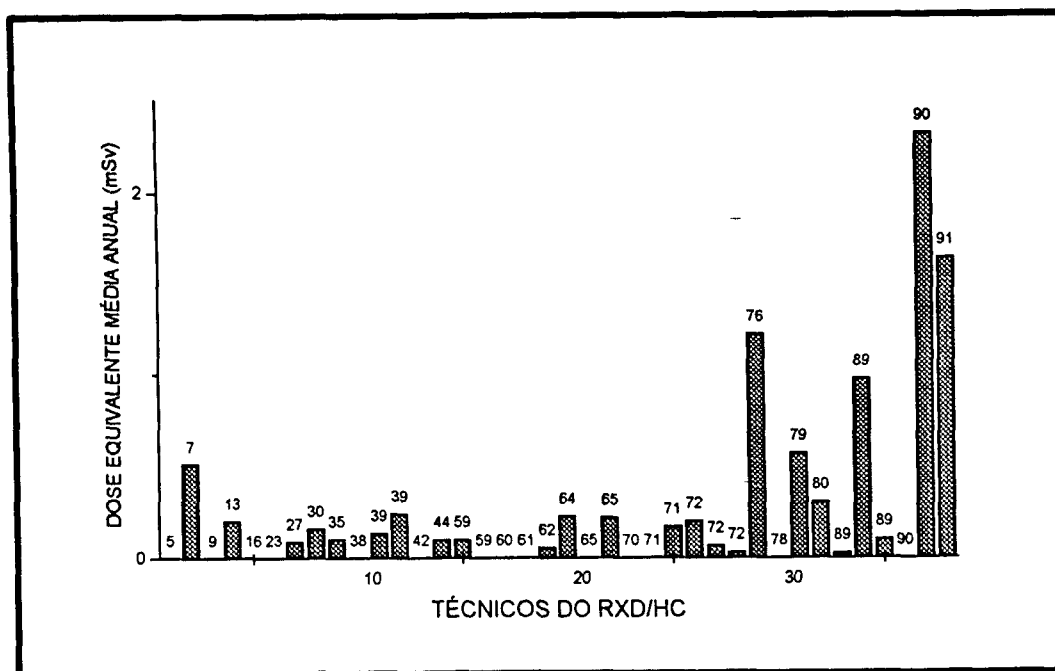


FIGURA 5.08 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS TÉCNICOS DO RXD/HC

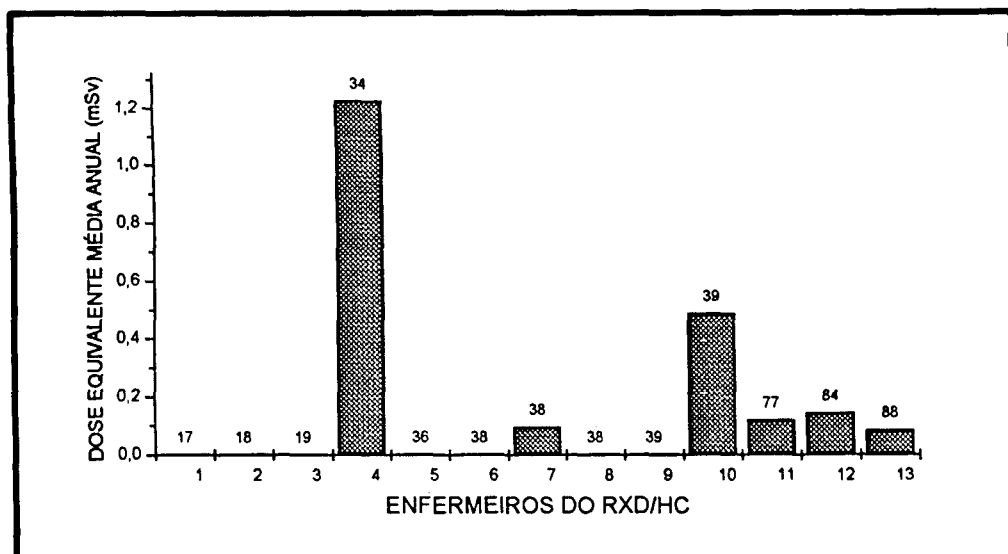


FIGURA 5.09 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS PROFISSIONAIS DE ENFERMAGEM DO RXD/HC

A dose equivalente coletiva dos profissionais do Serviço de Radiodiagnóstico/HC é de 60,9 mSv.pessoa/ano e será útil futuramente, quando tiver que ser escolhida a opção ótima entre aquelas que poderão ser utilizadas para reduzir as doses equivalentes dos profissionais para os quais estas doses são superiores ao nível de registro.

TABELA 5.10 - CLASSIFICAÇÃO DOS TÉCNICOS DO RXD/HC

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	0,0	B	20	0,23	B
02	0,51	B	21	0,0	B
03	0,0	B	22	0,22	B
04	0,20	B	23	0,0	B
05	0,0	B	24	0,0	B
06	0,0	B	25	0,17	B
07	0,09	B	26	0,20	B
08	0,16	B	27	0,07	B
09	0,10	B	28	0,03	B
10	0,0	B	29	1,22	B
11	0,14	B	30	0,0	B
12	0,24	B	31	0,57	B
13	0,0	B	32	0,30	B
14	0,10	B	33	0,03	B
15	0,10	B	34	0,98	B
16	0,0	B	35	0,10	B
17	0,0	B	36	0,0	B
18	0,0	B	37	2,32	B
19	0,06	B	38	1,64	B

OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho;

Os profissionais do RXD/HC usam seus monitores individuais sob o avental, conforme recomendação da proteção radiológica⁽²²⁾. Caso os monitores fossem usados sobre o avental, suas doses equivalentes médias anuais seriam cerca de 2 vezes maior, o que é mostrado na figura 5.11. Os resultados apresentados consideram uma tensão média de operação dos equipamentos igual a 85 kVp, correspondendo a doses 2,2 vezes maior que os resultados obtidos na monitoração individual. Desta maneira, para efeito de dose na pele, mesmo o residente de número 14, classificado na condição A de trabalho, teria sua dose equivalente média anual inferior ao nível de registro, que é de 50,0 mSv/ano.

TABELA 5.11 - CLASSIFICAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE ENFERMAGEM DO RXD/HC

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	0,0	B	08	0,0	B
02	0,0	B	09	0,0	B
03	0,0	B	10	0,49	B
04	1,22	B	11	0,12	B
05	0,0	B	12	0,14	B
06	0,0	B	13	0,08	B
07	0,94	B			

OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho;

TABELA 5.12 - DOSES EQUIVALENTES MÉDIAS ANUAIS DAS DIFERENTES CATEGORIAS DE PROFISSIONAIS DO RXD/HC PARA MONITORES SOB O AVENTAL

CATEGORIA	H _{anual} (mSv)	CATEGORIA	H _{anual} (mSv)
médicos	$4,24 \times 10^{-1}$	enfermeiros	$1,65 \times 10^{-1}$
residentes	1,41	setor	$5,64 \times 10^{-1}$
técnicos	$2,57 \times 10^{-1}$		

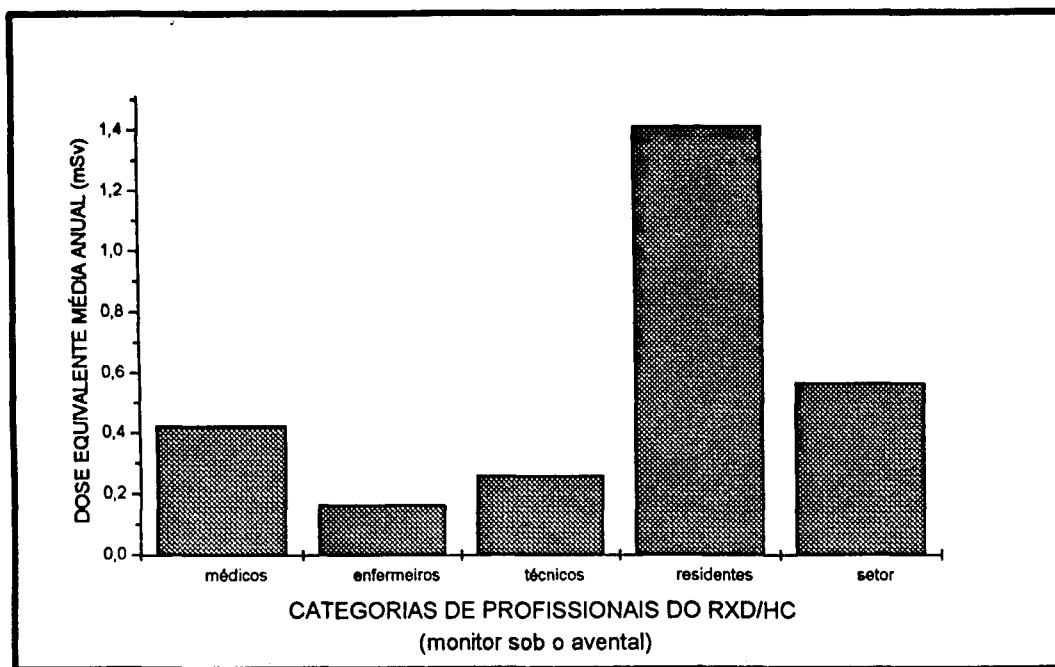


FIGURA 5.10 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS PROFISSIONAIS DO RXD/HC PARA MONITORES SOB O AVENTAL

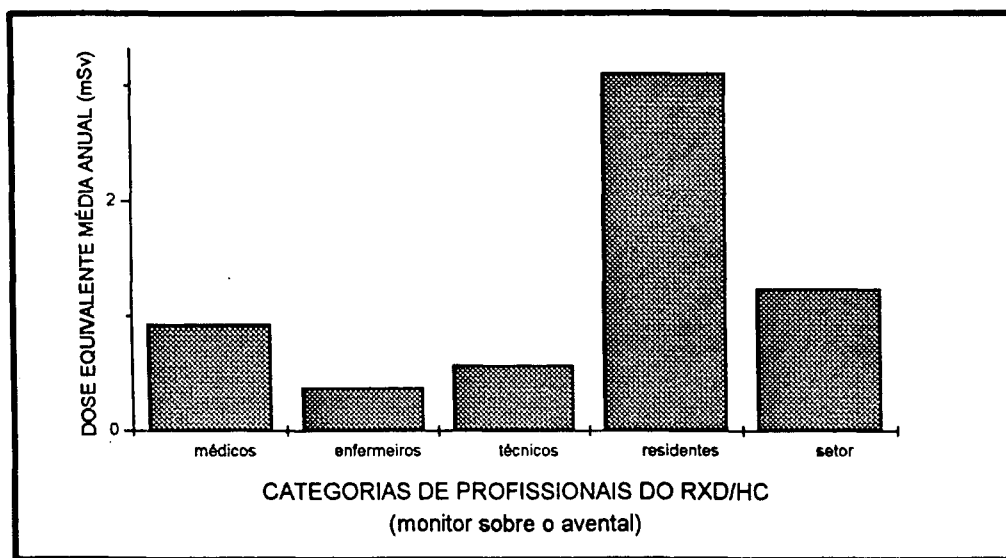


FIGURA 5.11 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS PROFISSIONAIS DO RXD/HC PARA MONITORES UTILIZADOS SOBRE O AVENTAL

5.2.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

A classificação das condições de trabalho dos profissionais ligados ao Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC foi baseada nos dados de monitoração individual de cerca de 5,5 anos. Neste período, o CC/HC contou com os serviços de 05 médicos, 02 técnicos de controle de equipamentos a partir do console, aqui denominados de técnicos externos, e 08 técnicos que atuam no interior da sala de exames, revezando-se entre instrumentação médica, atendimento ao paciente, operação do aparelho, etc., denominados de técnicos internos.

Os gráficos das figuras 5.12 a 5.14, a seguir, mostram o número de meses de monitoração e as doses equivalentes médias anuais dos servidores de cada categoria de profissionais do CC/HC. As tabelas 5.13 a 5.15, também colocadas a seguir, apresentam a classificação desses trabalhadores em função de suas doses equivalentes médias anuais.

a) médicos

As doses equivalentes anuais de 04 dos 05 médicos do CC/HC fazem com que sejam classificados na condição B de trabalho, conforme mostrado na tabela 5.13. Apenas o médico de número 05 é classificado na condição A de trabalho e nenhum deles pode ser classificado como indivíduo do público. Somente os profissionais de números 04 e 05 têm doses equivalentes médias anuais superiores ao nível de registro. .

TABELA 5.13 - CLASSIFICAÇÃO DOS MÉDICOS DO CC/HC

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	1,18	B	04	5,81	B
02	4,00	B	05	28,52	A
03	3,72	B			

- OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho, sendo:
 . condição A: dose equivalente anual superior a 3/10 do limite primário pertinente;
 . condição B: dose equivalente anual igual ou inferior a 3/10 do limite primário pertinente.

b) técnicos externos

Conforme mostrado na tabela 5.14, os profissionais que trabalham externamente à sala tem suas doses equivalentes médias anuais inferiores ao nível de registro e próximas de zero. Além de estarem na condição B de trabalho, podem ser classificados como indivíduos do público.

TABELA 5.14 - CLASSIFICAÇÃO DOS TÉCNICOS EXTERNOS DO CC/HC

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	0,26	B	02	0,0	B

- OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho;

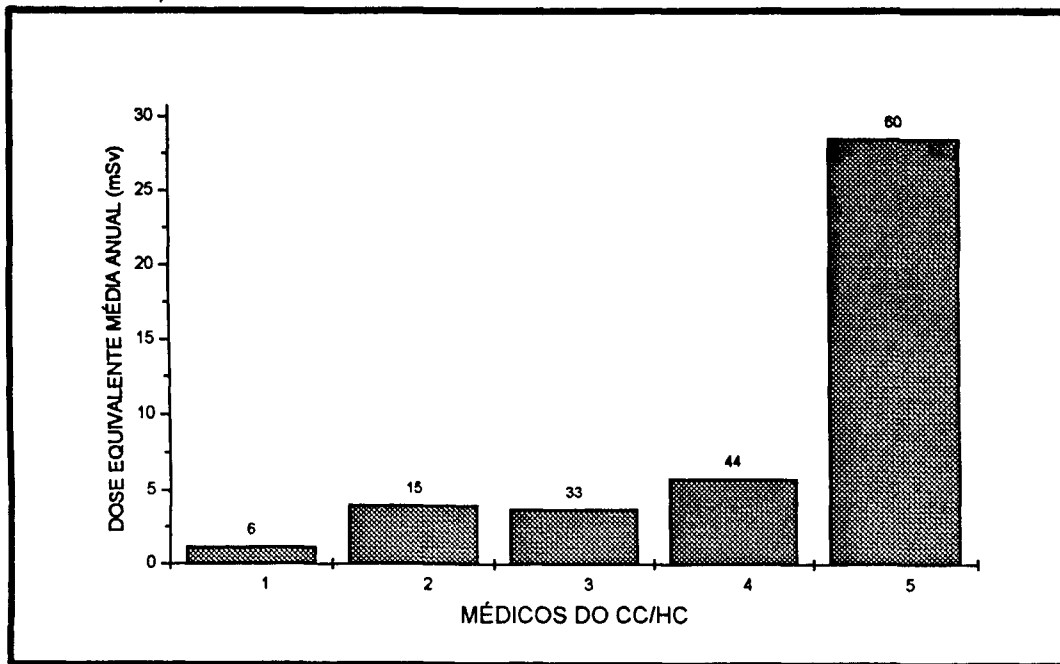


FIGURA 5.12 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS MÉDICOS DO CC/HC

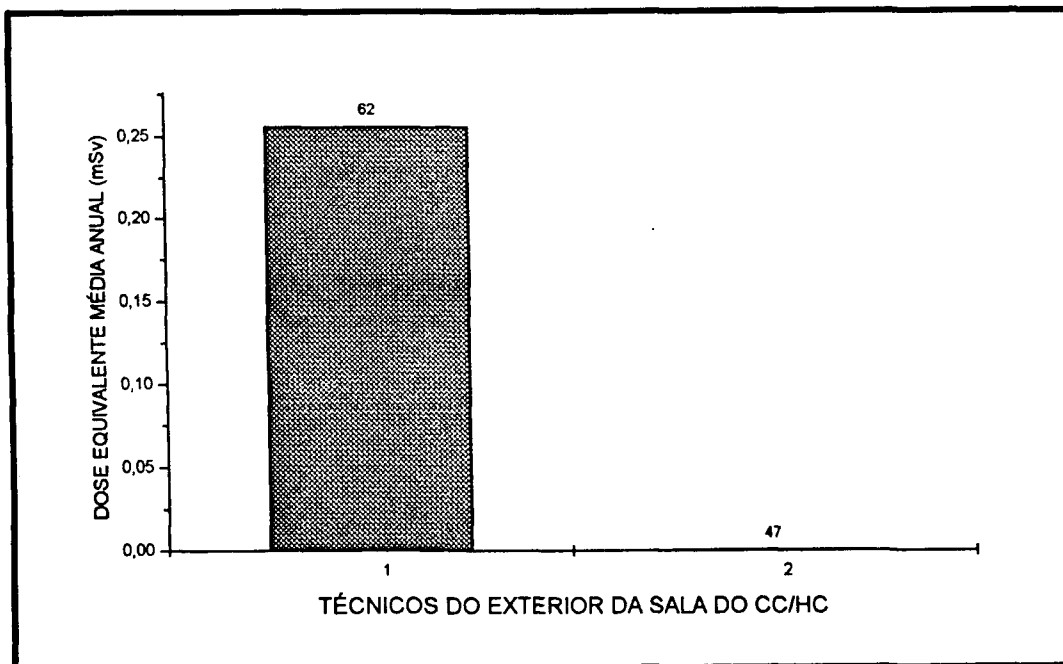


FIGURA 5.13 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS TÉCNICOS EXTERNOS DO CC/HC

c) técnicos internos

Os técnicos que trabalham no interior da sala de exames do CC/HC são classificados na condição de trabalho B, conforme mostrado na tabela 5.15. Os técnicos de números 01, 04 e 05 são classificados como público e apenas o de número 02 tem dose equivalente média anual superior ao nível de registro.

TABELA 5.15 - CLASSIFICAÇÃO DOS TÉCNICOS INTERNOS DO CC/HC

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	0,0	B	05	0,20	B
02	6,80	B	06	1,33	B
03	2,60	B	07	2,27	B
04	0,40	B	08	2,27	B

OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho;

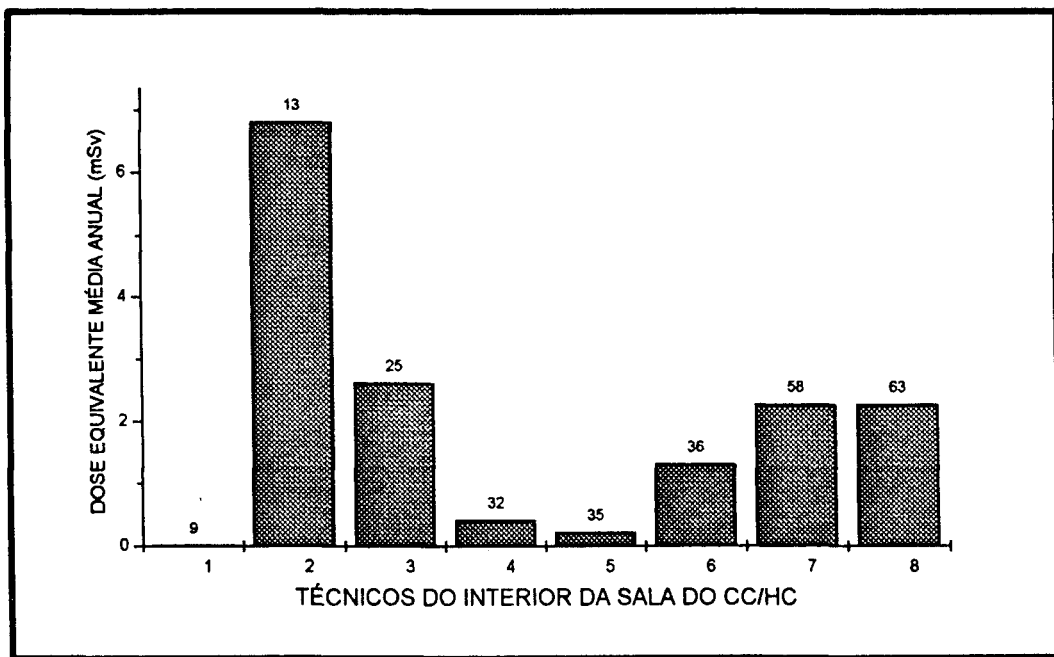


FIGURA 5.14 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS TÉCNICOS INTERNOS DO CC/HC

A figura 5.15 apresenta as doses equivalentes médias anuais de cada categoria de trabalhadores, que foi calculada a partir da média aritmética da dose equivalente média anual de cada um dos profissionais que prestam ou prestaram serviço no CC/HC. Além disso, o gráfico mostra também a dose equivalente média anual dos profissionais do Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC.

A dose equivalente coletiva dos profissionais do CC/HC é de 53,9 mSv.pessoa/ano.

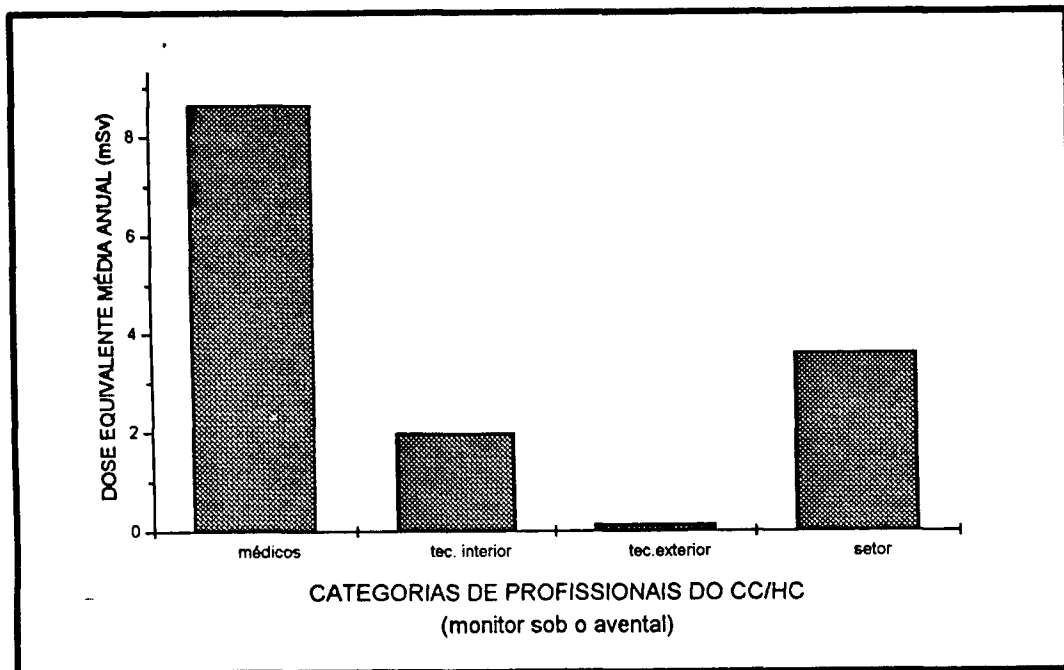


FIGURA 5.15 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS PROFISSIONAIS DO CC/HC COM MONITOR SOB O AVENTAL

TABELA 5.16 - DOSES EQUIVALENTES MÉDIAS ANUAIS DAS DIFERENTES CATEGORIAS DE PROFISSIONAIS DO CC/HC PARA MONITORES SOB O AVENTAL

CATEGORIA	\dot{H}_{anual} (mSv)	CATEGORIA	\dot{H}_{anual} (mSv)
médicos	8,65	tec. inter.	1,98
tec. exter.	$1,28 \times 10^{-1}$	setor	3,59

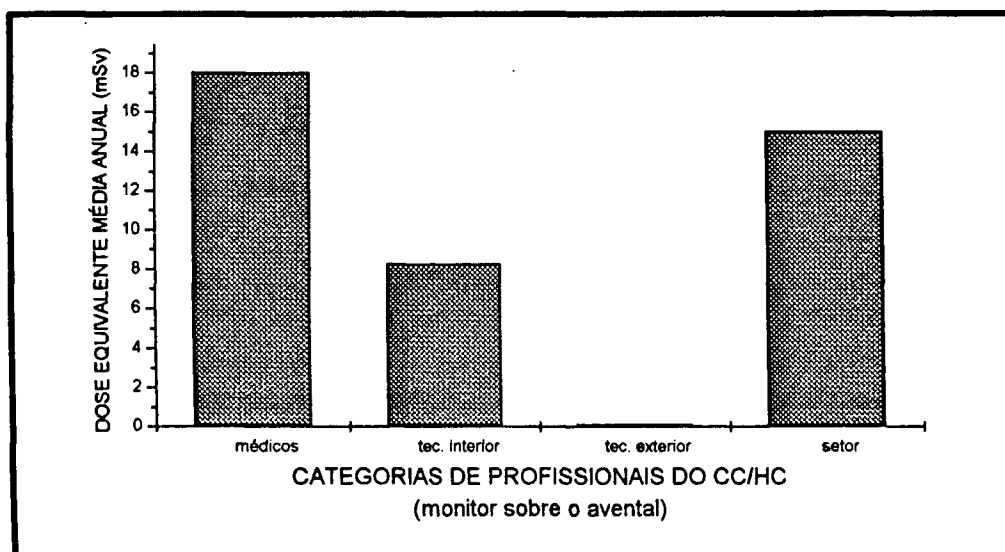


FIGURA 5.16 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS PROFISSIONAIS DO CC/HC PARA MONITORES UTILIZADOS SOBRE O AVENTAL

Os profissionais do CC/HC usam seus monitores individuais sob o avental de borracha plumbífera com espessura equivalente a 0,5 mm de chumbo, conforme recomendação da proteção radiológica⁽²²⁾. Caso os monitores fossem usados sobre o avental, suas doses equivalentes médias anuais seriam cerca de 4 vezes maiores, o que é mostrado na figura 5.16 e na tabela 5.17 a seguir. Os resultados apresentados consideram uma tensão média de operação do aparelho de raios X igual a 90 kVp, correspondendo a doses 4,2 vezes maiores que os resultados obtidos na monitoração individual.

Quando se considera a dose na pele, tanto o nível de registro, como o limite de dose equivalente para indivíduos do público, passam a ser de 50,0 mSv/ano e os profissionais com doses equivalentes médias anuais superiores a 150 mSv são classificados na condição de trabalho A.

Desta maneira, mesmo o médico de número 05, classificado na condição de trabalho A, para efeito de dose na pele seria classificado na condição B de trabalho com dose equivalente superior também ao nível de registro. Todos os outros profissionais do serviço seriam classificados como público.

TABELA 5.17 - DOSES EQUIVALENTES MÉDIAS ANUAIS DAS DIFERENTES CATEGORIAS DE PROFISSIONAIS DO CC/HC PARA MONITORES SOBRE O AVENTAL

CATEGORIA	\dot{H}_{anual} (mSv)	CATEGORIA	\dot{H}_{anual} (mSv)
médicos	18,00	tec. inter.	8,26
tec. exter.	$1,28 \times 10^{-1}$	setor	15,00

5.2.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

A classificação das condições de trabalho dos profissionais ligados ao Serviço de Radioterapia/CAISM foi baseada nos dados de monitoração individual de cerca de 5,5 anos. Neste período, o referido Serviço, que iniciou suas atividades contando com 01 médico, 01 físico e 03 técnicas, ampliou sua capacidade de atendimento e hoje conta com os serviços de 02 médicos, 02 físicos, 01 dosimetrista, 09 técnicas em radioterapia e 12 profissionais de enfermagem. Além destes, ficaram temporariamente no Serviço 01 médico, 02 técnicas e 02 profissionais de enfermagem. Os físicos e o dosimetrista que trabalham no RXT/CAISM são estruturalmente ligados a outro setor da UNICAMP e suas doses equivalentes não serão analisadas.

Os gráficos das figuras 5.17 a 5.19, a seguir, mostram o número de meses de monitoração e as doses equivalentes médias anuais dos servidores de cada categoria de profissionais do RXT/CAISM. As tabelas 5.18 a 5.20, também colocadas a seguir,

apresentam a classificação desses trabalhadores em função de suas doses equivalentes médias anuais.

a) médicos

Os médicos do RXT/CAISM são classificados na condição B de trabalho e suas doses equivalentes médias anuais são inferiores ao nível de registro e aos limites primários para indivíduos do público, conforme apresentado na tabela 5.18.

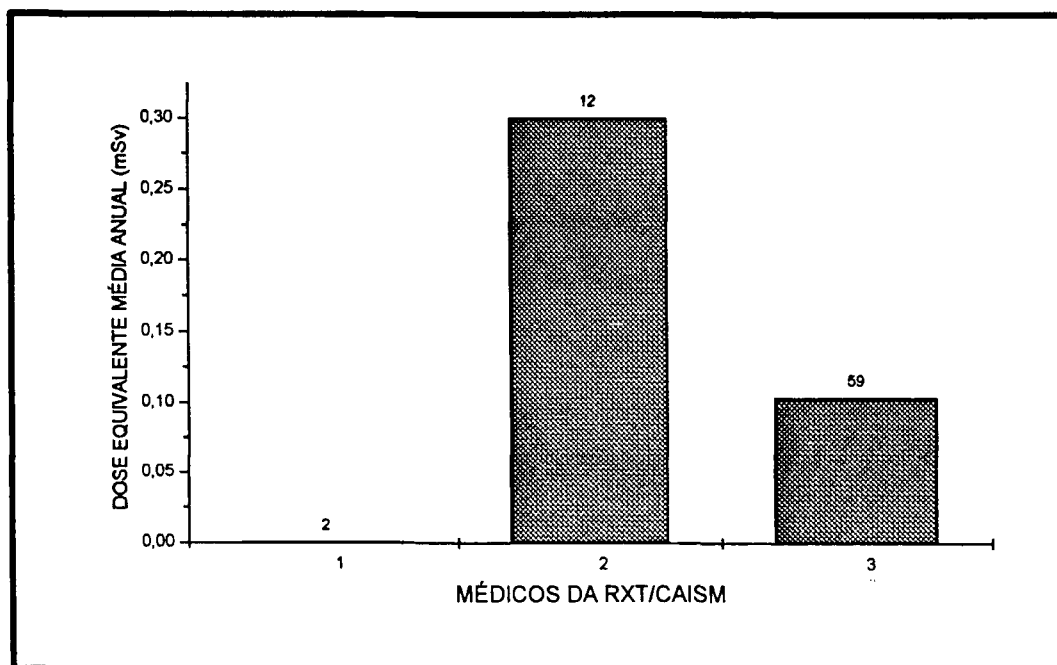


FIGURA 5.17 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS MÉDICOS DO RXT/CAISM

TABELA 5.18 - CLASSIFICAÇÃO DOS MÉDICOS DO RXT/CAISM

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF.	H _{anual}	COND. DE
			DO PROF.	(mSv)	TRABALHO
01	0,0	B	03	0,10	B
02	0,30	B			

- OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho, sendo:
 . condição A: dose equivalente anual superior a 3/10 do limite primário pertinente;
 . condição B: dose equivalente anual igual ou inferior a 3/10 do limite primário pertinente.

b) técnicos

As doses equivalentes médias anuais de todos os técnicos do RXT/CAISM são inferiores ao nível de registro e classificam-nos na condição de trabalho B, conforme pode ser

visto na tabela 5.19. Além disso, à exceção do profissional de número 07, todas as suas doses são inferiores aos limites primários para indivíduos do público.

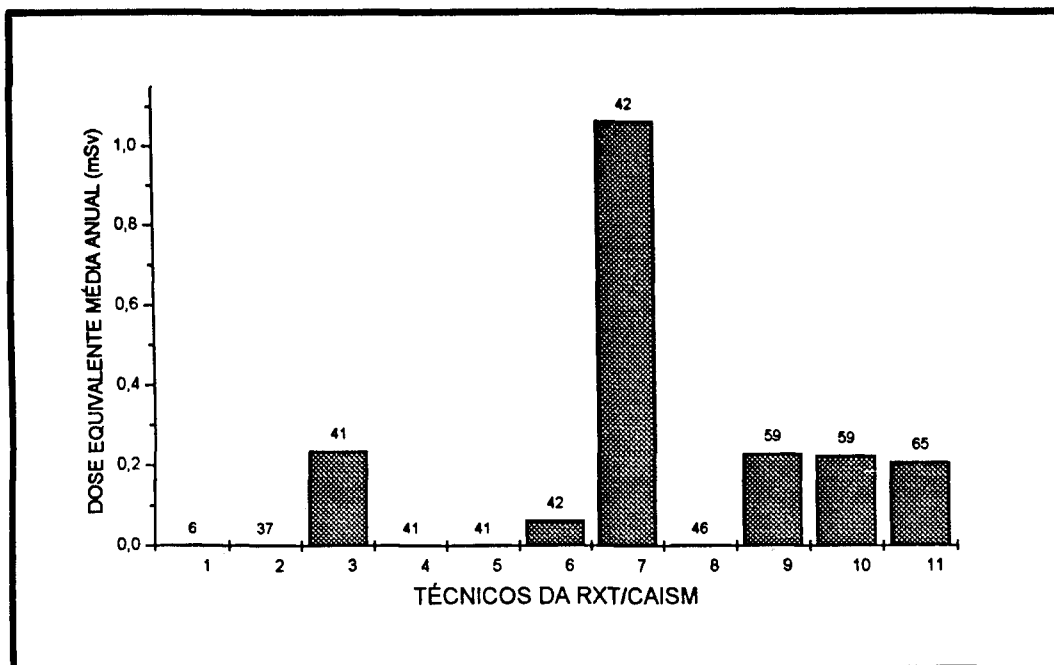


FIGURA 5.18 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS TÉCNICOS DO RXT/CAISM

TABELA 5.19 - CLASSIFICAÇÃO DOS TÉCNICOS DO RXT/CAISM

IDENTIF. DO PROF. ¹	H _{anual} (mSv) ²	COND. DE TRABALHO ³	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	0,0	B	07	1,06	B
02	0,0	B	08	0,0	B
03	0,23	B	09	0,23	B
04	0,0	B	10	0,22	B
05	0,0	B	11	0,21	B
06	0,06	B			

OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho;

c) profissionais de enfermagem

As doses equivalentes médias anuais dos profissionais de enfermagem do RXT/CAISM classificam-nos como na condição B de trabalho, conforme pode ser visto na tabela 5.20. Essas doses são, com uma única exceção, inferiores ao limite primário para indivíduos do público e, em todos os casos, inferiores ao nível de registro.

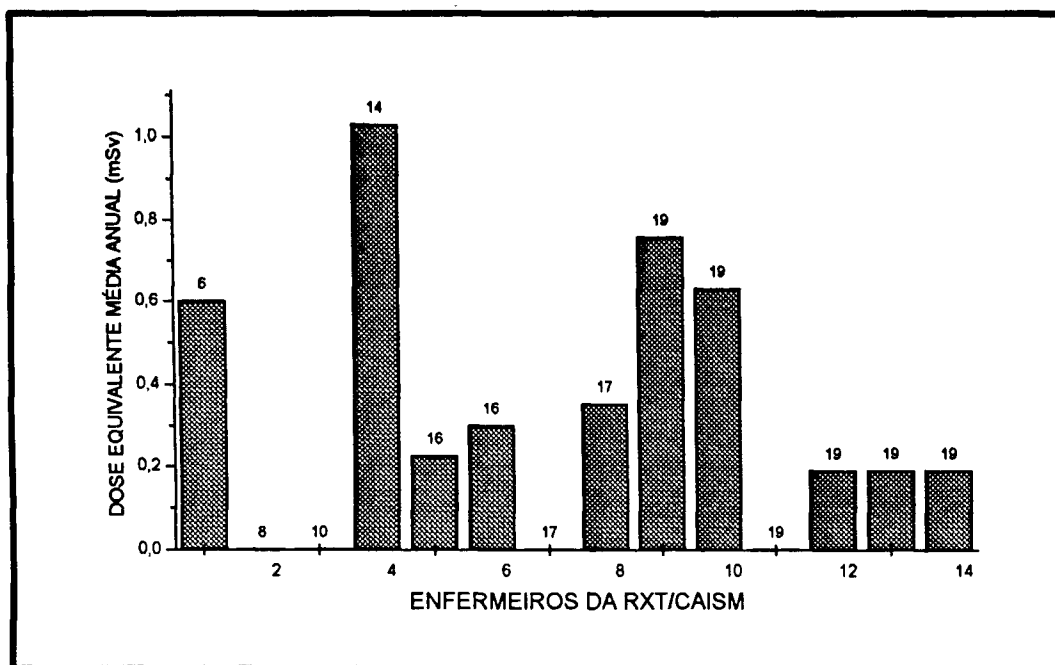


FIGURA 5.19 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS PROFISSIONAIS DE ENFERMAGEM DO RXT/CAISM

TABELA 5.20 - CLASSIFICAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE ENFERMAGEM DO RXT/CAISM

IDENTIF. ¹ DO PROF.	H _{anual} ² (mSv)	COND. DE ³ TRABALHO	IDENTIF. DO PROF.	H _{anual} (mSv)	COND. DE TRABALHO
01	0,60	B	08	0,35	B
02	0,0	B	09	0,76	B
03	0,0	B	10	0,63	B
04	1,03	B	11	0,0	B
05	0,23	B	12	0,19	B
06	0,30	B	13	0,19	B
07	0,0	B	14	0,19	B

OBS. 1 - identificação do profissional;
 2 - dose equivalente média anual do profissional em questão;
 3 - condição de trabalho;

A figura 5.20 e a tabela 5.21 apresentam as doses equivalentes médias anuais de cada categoria de trabalhadores, que foram calculadas a partir da média aritmética da dose equivalente média anual de cada um dos profissionais que prestam ou prestaram serviço no RXT/CAISM. Além disso, são mostrados também a dose equivalente média anual de todos os profissionais do Serviço de Radioterapia/CAISM.

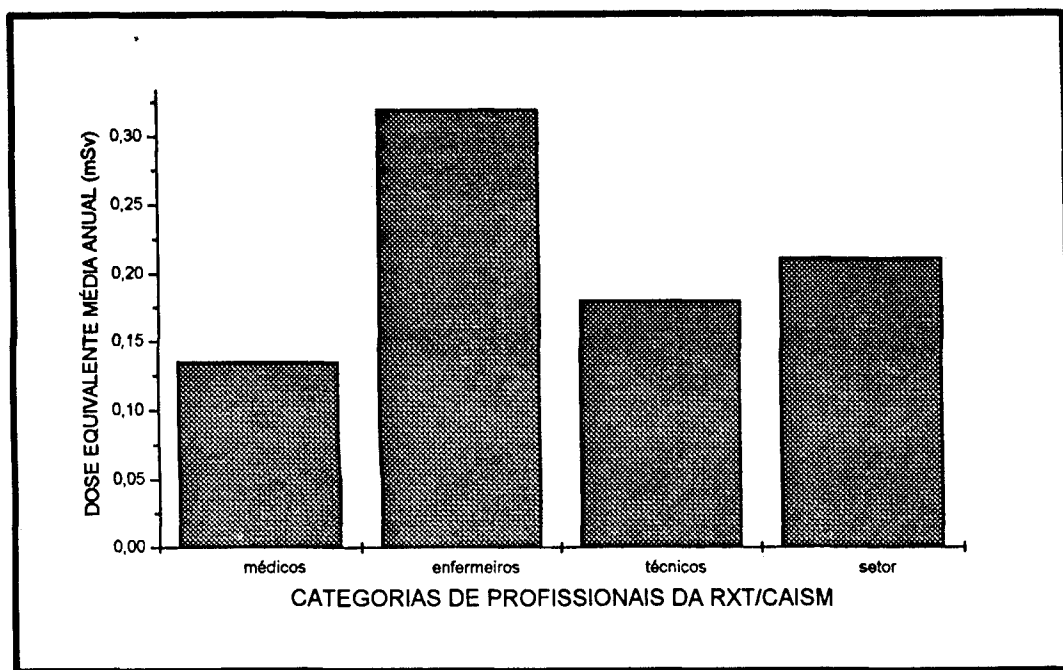


FIGURA 5.20 - DOSE EQUIVALENTE MÉDIA ANUAL DOS PROFISSIONAIS DO RXT/CAISM

TABELA 5.21 - DOSES EQUIVALENTES MÉDIAS ANUAIS DAS DIFERENTES CATEGORIAS DE PROFISSIONAIS DO RXT/CAISM

CATEGORIA	\dot{H}_{anual} (mSv)	CATEGORIA	\dot{H}_{anual} (mSv)
médicos	$1,35 \times 10^{-1}$	enfermeiros	$3,19 \times 10^{-1}$
técnicos	$1,80 \times 10^{-1}$	setor	$2,11 \times 10^{-1}$

5.3 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.3.1 - AUDITORIAS

5.3.1.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

As 06 fichas confeccionadas para facilitar a auditoria em aparelhos fixos e portáteis de raios X contêm, juntas, 79 itens para verificação. Dentre essas fichas, a de número 06 é uma ficha de auditoria e de monitoração de área, pois existem nela 21 itens relativos à monitoração interna e externa à sala. Os itens relativos à monitoração interna, além de servirem para verificação das condições de segurança radiológica do equipamento, como os relativos à radiação de fuga do cabeçote e à radiação na pele do paciente devido à fluoroscopia, são úteis também na estimativa das doses equivalentes recebidas pelos profissionais que permanecem no interior da sala. Os itens relativos à monitoração externa não foram utilizados uma vez que existe uma outra ficha (ficha 08) especificamente para esse fim. Seria interessante modificar a ficha de número 06 deixando nela apenas os itens relativos à monitoração interna à sala. Esta ficha ficaria então como complemento à ficha de número 08 quando se tratar de monitoração de área relativa à aparelhos de raios X.

A auditoria realizada no aparelho portátil de raios X, modelo MOBILETT, pertencente ao Serviço de Radiodiagnóstico/HC (RXD/HC), na qual foram verificados 52 itens, mostrou que 17 destes itens estão em desacordo com as recomendações da literatura^[16]. Dentre estes, 06 são limitações de projeto do aparelho, 04 não se aplicam ao MOBILETT e os outros 07 são deficiências do serviço. Os itens relativos à deficiências do serviço correspondem à cerca de 15% do total da auditoria.

Estão discriminados a seguir os itens verificados junto ao MOBILETT que estão em desacordo com as recomendações da literatura. Estes itens foram separados entre os que são deficiências de projeto, os que não se aplicam ao tipo de aparelho analisado e os que são deficiências do serviço, bem como as providências a serem tomadas, quando for o caso.

a) Deficiências de projeto:

FICHA 1:

- ausência de informações sobre as dimensões do campo;
- inexistência de "dead man", interruptor de segurança para impedir que se provoque irradiação involuntariamente;
- ausência de informações sobre corrente de tubo;
- ausência de informações sobre tempo de exposição;

FICHA 6:

- por falta de informações sobre corrente de tubo e tempo de exposição não foi possível comparar os valores de nível de radiação de fuga do cabeçote encontrados, com aqueles recomendados na literatura;
- idem para o nível de radiação nas proximidades do gerador de alta tensão.

b) Itens que não se aplicam ao tipo de aparelho:

FICHA 1:

- existência de cones localizadores;
- controle automático de kV e mAs;
- utilização de biombos de proteção. A necessidade dos biombos para exames em enfermarias ou na UTI só poderá ser avaliada quando for feita a monitoração de área com resultados confiáveis;

FICHA 2:

- ajuste automático do tamanho de campo ao filme utilizado.

c) Deficiências do serviço:

FICHA 1:

- inexistência de protetores de tireóide para os operadores;
- as luvas de proteção existentes no serviço não têm sido utilizadas quando necessário;
- os biombos de proteção não têm sido usados para exames em leito, e sua necessidade real só poderá ser avaliada depois de efetuadas monitorações de área nas vizinhanças do aparelho com resultados confiáveis;

FICHA 2:

- inexistência de protetores de tireóide para os operadores;

FICHA 5:

- inexistência de proteções para pacientes.

Com relação às deficiências do serviço, será solicitado à direção do Serviço de Radiodiagnóstico/HC a aquisição e obrigatoriedade do uso de proteções para os operadores e para os pacientes.

A auditoria realizada no aparelho fixo de raios X, modelo MIMER III, também pertencente ao RXD/HC, na qual foram verificados 63 itens, mostrou que 17 itens estão em desacordo com as recomendações da literatura^[16], dos quais 06 são limitações de projeto do aparelho, 06 são deficiências do serviço, igualmente por falta de proteções para pacientes e operadores, e 05 não se aplicam ao MIMER III. Assim, as deficiências do serviço representam cerca de 10% do total da auditoria.

Estão discriminados a seguir os itens verificados junto ao MIMER III que estão em desacordo com as recomendações da literatura. Estes itens foram separados entre os que são deficiências de projeto, os que não se aplicam ao tipo de aparelho analisado e os que são deficiências do serviço, bem como as providências a serem tomadas, quando for o caso.

a) Deficiências de projeto:

FICHA 1:

- inexistência de "dead man";
- não é necessário liberar o disparador para repetir a exposição;
- ausência de informações sobre corrente de tubo;
- ausência de informações sobre tempo de exposição;

FICHA 3:

- impossibilidade do radiologista visualizar o tempo de fluoroscopia transcorrido;

FICHA 6:

- por falta de informações sobre corrente de tubo e tempo de exposição não foi possível comparar os valores de nível de radiação de fuga do cabeçote encontrados, com aqueles recomendados na literatura.

b) Itens que não se aplicam ao tipo de aparelho analisado:

FICHA 1:

- comunicação com o paciente;
- informações sobre grade antidifusora;

FICHA 2:

- adaptação ao escuro;

FICHA 3:

- tela fluorescente.

c) Deficiências do serviço:

FICHA 1:

- inexistência de protetores de tireóide;
- não utilização de luvas de proteção pelos operadores quando necessário;

FICHA 2:

- inexistência de protetores de tireóide;

FICHA 5:

- inexistência de proteções para pacientes.

Com relação às deficiências do serviço, será solicitado à direção do Serviço de Radiodiagnóstico/HC a aquisição e obrigatoriedade do uso de proteções para os operadores e para os pacientes.

5.3.1.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

A auditoria do Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC (CC/HC) compreendeu 77 itens. Destes, 04 são deficiências de projeto e 17 não se aplicam ao laboratório, tanto com relação ao funcionamento do aparelho como com relação ao tipo de procedimento lá desenvolvido. Os outros 05 itens que estão em desacordo com as recomendações da literatura^[16] são relativos à proteção de paciente e correspondem a cerca de 7% da auditoria.

Estão discriminados a seguir os itens verificados junto ao CARDOSKOP que estão em desacordo com as recomendações da literatura. Estes itens foram separados entre os que são deficiências de projeto, os que não se aplicam ao tipo de aparelho analisado e os que são deficiências do serviço, bem como as providências a serem tomadas, quando for o caso.

a) Deficiências de projeto:

FICHA 1:

- inexistência de dispositivos de medida da distância entre a fonte e a pele do paciente;
- inexistência de "dead man";
- ausência de indicação de mAs no console;

FICHA 3:

- indicador de tempo não visível ao radiologista.

b) Itens que não se aplicam ao tipo de aparelho:

FICHA 1: informações sobre cones localizadores e grade antidifusora;

FICHA 2:

- alinhamento do campo e ajuste automático do campo de radiação ao tamanho do filme;

- grade antidifusora;

- adaptação ao escuro;

FICHA 3:

- tela fluorescente;

- proteção no Bucky.

c) Deficiências do serviço:

FICHA 1:

- inexistência de luvas de proteção para o médico;

FICHA 2:

- não verificação da distância fonte-pele, DFP;

FICHA 5:

- inexistência de proteções para pacientes.

Com relação às deficiências do serviço, será verificado junto à direção do CC/HC a possibilidade de utilização de luvas de proteção pelo médico, de utilizar rotineiramente a DFP máxima permitida pelo aparelho, e a possibilidade de utilização de dispositivos de proteção para paciente sem o comprometimento do resultado dos procedimentos. Em caso positivo, serão solicitadas providências para que sejam implementados na rotina os itens discutidos acima.

5.3.1.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

A auditoria realizada no Serviço de Radioterapia/CAISM (RXT/CAISM) avaliou o funcionamento e a utilização de todos os aparelhos e fontes de radiação existentes no serviço. Os resultados, cujos números estão apresentados a seguir, mostraram que, em média, cerca de 11% dos itens que contribuem para a proteção de pacientes e funcionários estão em desacordo com recomendações da literatura^[16] sendo que cerca de 6% devem-se a deficiências do serviço.

Com relação ao simulador de radioterapia foram verificados 77 itens, dos quais 34 estão em desacordo com as recomendações da literatura^[16]. Dentre estes, 28 não se aplicam ao tipo e à utilização do aparelho de raios X pelo fato de ser um aparelho dedicado à simulação de tratamento. Os 06 itens restantes devem-se à deficiências de projeto do simulador e, caso não seja possível supri-las, devem ser eliminados da auditoria. Não foram detectadas deficiências do serviço relativas à utilização do simulador.

Estão discriminados a seguir os itens verificados junto ao simulador que estão em desacordo com as recomendações da literatura. Estes itens foram separados entre os que são deficiências de projeto, os que não se aplicam ao tipo de aparelho analisado e os que são deficiências do serviço, bem como as providências a serem tomadas, quando for o caso.

a) Deficiências de projeto:

FICHA 1:

- ausência de informações, tanto no aparelho como no manual de funcionamento, sobre a filtração do tubo de raios X;
- inexistência de "dead man";
- não é necessário liberar o disparador para repetir a exposição;
- impossibilidade de comunicação com o paciente;

FICHA 3:

- ausência de dispositivo para coincidência automática entre feixe e intensificador de imagem.

b) Itens que não se aplicam ao aparelho:

FICHA 1:

- utilização de proteções pelos operadores do aparelho;

FICHA 2:

- limitação do campo ao tamanho do filme;
- ajuste automático do campo ao tamanho do filme;
- utilização de proteções pelo operador;
- adaptação ao escuro;

FICHA 3:

- tela fluorescente;
- cobertura da tela;
- proteção no Bucky;

FICHA 5:

- proteções e outros dispositivos de imobilização para o paciente;

FICHA 6:

- taxa de dose equivalente na pele do paciente devido à fluoroscopia;
- taxa de dose equivalente no interior da sala devido à fluoroscopia.

Com relação à impossibilidade de comunicação com o paciente, deve-se estudar junto à direção do serviço os reflexos que a instalação de um sistema de comunicação teria no andamento dos planejamentos de pacientes e, caso forem positivos, a possibilidade implantação de um sistema deste tipo.

Para o Acelerador Linear foram avaliados 42 itens, dos quais 10 não se aplicam ao MEVATRON-74 e 02 estão em desacordo com as recomendações da literatura^[16], sendo 01 devido a deficiência do aparelho e 01 devido à deficiência do serviço, correspondendo a cerca de 3% do total de itens auditados.

Estão discriminados a seguir os itens verificados junto ao Acelerador Linear que estão em desacordo com as recomendações da literatura. Estes itens foram separados entre os que são deficiências de projeto, os que não se aplicam ao tipo de aparelho analisado e os que são deficiências do serviço, bem como as providências a serem tomadas, quando for o caso.

a) Deficiência de projeto:

- inexistência de "interlock" de segurança para seleção de filtros.

b) Itens que não se aplicam ao aparelho:

FICHA 14:

- taxa de dose devido à neutrons;
- ativação de componentes;

FICHA 15:

- programas de controle de qualidade iniciais e periódicos relativos a acessórios, sistemas de registro e de processamento de dados.

c) Deficiências do serviço:

FICHA 13:

- impossibilidade de abertura da porta da sala pelo seu interior.

Com relação ao "interlock" ou chave de segurança para prevenir a seleção errada de filtros nos tratamentos, o procedimento que vem sendo adotado é anotar, na ficha de tratamento, o número do filtro a ser utilizado e seu posicionamento. Isto, embora diminua a possibilidade de falha, não as evita.

Com relação à porta da sala de tratamento, será verificado junto à direção do serviço a possibilidade de alteração da fechadura para tornar possível a abertura da porta pelo interior da sala.

A auditoria realizada no aparelho de cobalto - 60, ALCYON II, avaliou 36 itens. Dentre eles, 06 não se aplicam ao ALCYON e 01 está em desacordo com as recomendações da literatura^[16] devido à deficiência de projeto do serviço, correspondendo a cerca de 3% do total da auditoria.

Estão discriminados a seguir os itens verificados junto ao aparelho de Cobalto - 60 que estão em desacordo com as recomendações da literatura^[16]. Estes itens foram separados entre os que não se aplicam ao tipo de aparelho analisado e os que são deficiências do serviço, bem como as providências a serem tomadas, quando for o caso.

a) Itens que não se aplicam ao aparelho:

FICHA 16:

- programas de controle de qualidade iniciais e periódicos relativos a acessórios, sistemas de registro e de processamento de dados.

b) Deficiências do serviço:

FICHA 13:

- impossibilidade de abertura da porta da sala pelo seu interior.

Com relação à porta da sala de tratamento, será verificado junto à direção do serviço a possibilidade de alteração da fechadura para tornar possível a abertura da porta pelo interior da sala.

O armazenamento e a utilização das fontes de césio - 137 destinadas à braquiterapia foram avaliados através de 24 itens. Destes, 04 itens estão em desacordo com as

recomendações da literatura^[16] devido a deficiências do serviço, correspondendo a cerca de 17% do total da auditoria. Estes itens estão discriminados abaixo, juntamente com as providências a serem tomadas:

- não têm sido feitos testes periódicos de integridade das fontes;
- falta de sinalização do cofre de armazenamento das fontes;
- ausência da ficha de identificação das fontes no quarto;
- não tem sido feita monitoração do quarto após o término do tratamento.

Com relação a essas deficiências foram tomadas as seguintes providências:

- desenvolvimento de metodologia de medidas e análise adequada para detecção dos pequenos níveis de contaminação indicativos de falha de integridade das fontes;
- sinalização do cofre;
- foi solicitado ao médico que deixe uma cópia da ficha de identificação das fontes junto ao prontuário do paciente;
- foi reiterada ao médico a determinação de que faça a monitoração do quarto após a retirada das fontes do quarto de tratamento. Além disso, foi estabelecido um método alternativo que consiste na verificação da leitura do monitor de área existente no quarto, após terem sido removidos o carrinho com as fontes e os biombos de proteção. Caso este monitor apresente leitura diferente do nível de radiação de fundo normalmente existente no quarto, ou se o alarme disparar, deve-se contactar o físico responsável.

As auditorias realizadas nos Serviços de Radiodiagnóstico/HC e de Radioterapia/CAISM e no Laboratório de Cateterismo Cardíaco/HC, mostraram a existência de uns poucos itens que devem ser modificados nos procedimentos para que sejam melhoradas as condições de proteção de trabalhadores, de público e de pacientes. É interessante notar que o Serviço de Radioterapia/CAISM, que conta com os serviços de 02 físicos em tempo integral, apresenta a menor porcentagem de deficiências devido a falhas de funcionamento ou operação do serviço, 6%. Caso sejam desconsiderados os itens relativos à braquiterapia, a porcentagem de falhas devido ao serviço cai para cerca de 3%.

Além disso, foi verificado, durante as auditorias, que alguns dos itens analisados não se aplicam aos aparelhos existentes na Área de Saúde da UNICAMP. Considerando-se que as fichas de auditoria foram elaboradas visando identificar as condições de funcionamento, utilização e operação dos aparelhos de acordo com sua classificação mais geral, ou seja, aparelho fixo de raios X com possibilidade de realização de radiografia e fluoroscopia, aparelho portátil de raios X, aparelho de megavoltagem com fonte incorporada e acelerador linear, é natural que nem todos os aparelhos analisados atendam a todos os requisitos, uma vez que têm características específicas adequadas ao tipo de utilização a que se destinam. É importante salientar que a execução de um programa semelhante a este deve sempre ser iniciada pelas condições mais gerais, a partir das quais pode-se particularizar os itens a serem verificados para cada

aparelho existente no local que se está analisando.

Apesar da falta de especificidade das fichas de auditoria utilizadas, elas se mostraram adequadas ao início de um programa de auditoria e cumpriram seu objetivo.

5.3.2 - MONITORAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS

Os resultados da monitoração de área feita no interior de todas as salas onde estão instalados, armazenados ou são utilizados os aparelhos e fontes emissores de radiação ionizante analisados neste trabalho, fazem com que estas áreas sejam classificadas como controladas. Nestes ambientes as doses equivalentes podem ser superiores superiores $3,0 \times 10^{-1}$ mSv por semana quando se considera o tempo real de utilização das fontes e 40 horas semanais de permanência nas áreas.

A monitoração de área realizada nas vizinhanças das salas mostrou que parte das regiões avaliadas é classificada como área livre, com doses equivalentes semanais inferiores a $2,0 \times 10^{-2}$ mSv, e os pontos de monitoração correspondentes a elas podem ser eliminados do programa de monitoração.

5.3.2.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

As áreas vizinhas ao aparelho fixo de raios X analisado não poderão ser classificadas porque os resultados da monitoração de área realizada foram inconclusivos. Estas áreas só poderão ser classificadas posteriormente, quando forem feitas as monitorações com equipamentos de medida com sensibilidade e tempo de resposta adequados. Existem evidências de que a região onde está instalado o console do aparelho seja área livre. Isto porque as doses equivalentes médias anuais dos técnicos de aparelhos de raios X que permanecem nessa área durante os exames, têm sido inferiores ao nível de registro, como pode ser verificado no item 5.2.1.

5.3.2.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

A monitoração de área realizada nas vizinhanças da sala onde está instalado o aparelho de raios X CARDOSKOP resultou em níveis de dose equivalente iguais ao nível de radiação de fundo e, portanto, essas áreas são classificadas como livres.

5.3.2.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

5.3.2.3.1 - SIMULADOR DE RADIOTERAPIA

As áreas vizinhas ao simulador de tratamento não poderão ser classificadas porque os resultados da monitoração de área realizada foram inconclusivos. Estas áreas só poderão ser classificadas posteriormente, quando forem feitas as monitorações com equipamentos de medida com sensibilidade e

tempo de resposta adequados. Existem evidências de que a região onde está instalado o console do aparelho seja área livre. Isto porque a dose equivalente média anual do técnico da radioterapia (técnico de número 04) que permanece nessa área durante as radiografias para simulação de tratamento é inferior ao limite primário para indivíduos do público, como pode ser verificado no item 5.2.2.

5.3.2.3.2 - EQUIPAMENTOS DE TELETERAPIA

Foram monitorados 22 locais nas vizinhanças dos aparelhos de teleterapia do RXT/CAISM que pertencem a 09 regiões diferentes. 03 destas regiões correspondem a áreas que são irradiadas pelos dois aparelhos ao mesmo tempo. Depois de avaliar as doses equivalentes semanais para cada uma das 09 regiões analisadas, com base em semana de 40 horas de trabalho, foi verificado que 05 destas regiões são áreas livres e sua monitoração pode ser eliminada do programa. As outras regiões, classificadas como supervisionadas, devem continuar no programa de monitoração de rotina. Uma vez que a dose equivalente nestas regiões sofrerá alterações somente se forem modificadas as características de funcionamento dos aparelhos, a monitoração de tais áreas deve ser feita raramente e apenas para fins de controle^[09]. Caso sejam feitas alterações nos aparelhos, como troca da fonte do aparelho de cobalto -60, deverá ser feita uma nova monitoração mais compreensiva, incluindo todos os locais. Fora isso, a frequência da monitoração de rotina nas áreas supervisionadas deverá ser anual.

5.3.2.3.3 - BRAQUITERAPIA

A monitoração no interior e vizinhanças do quarto usado para internação de pacientes sob braquiterapia e do depósito das fontes de césio - 137, compreendeu medidas em 30 locais diferentes, distribuídos por 17 regiões, conforme mostrado nas figuras 5.03, 5.04 e 5.05. O interior do depósito e do quarto, conforme já dito, foram classificados como áreas controladas. As regiões correspondentes à ante-sala do quarto de radiomoldagem, ao corredor do primeiro piso (em frente ao quarto) e ao banheiro do primeiro piso (ao lado do depósito), foram classificadas como áreas supervisionadas e todas as outras regiões analisadas foram classificadas como livres. Desta forma o programa de monitoração ficará restrito a 05 regiões.

O nível de exposição à radiação nestas áreas pode sofrer pequenas alterações dependendo da atividade total de césio - 137 utilizado nos tratamentos. Assim, o programa de monitoração deve estabelecer monitorações periódicas destas áreas^[09]. A ante-sala pode ser escolhida como o local a ser monitorado porque qualquer alteração no nível de dose equivalente neste local, será indicativa de alterações nos níveis de dose equivalente também para as outras regiões. A periodicidade estabelecida para as monitorações da ante-sala será trimestral e o programa de monitoração será ajustado em

função dos resultados encontrados.

Além disso, em função de características do projeto das blindagens do quarto, podem ocorrer mudanças bruscas no nível de exposição das regiões vizinhas caso o paciente saia da cama quando em tratamento. Neste caso, é necessário um programa de monitoração operacional para prevenir o prolongamento de situações deste tipo. Portanto, deve ser instalado, no interior do quarto, um sistema de monitoração de área com alarmes sonoro e visual^[09]. O monitor de área com alarme já foi instalado no interior do quarto e seus níveis de alarme são ajustáveis, permitindo adaptações à atividade das fontes colocadas no paciente. No caso do paciente sair da cama, o alarme sonoro soará chamando a atenção dos profissionais de enfermagem que, caso não resolvam a situação, entrarão em contacto com o médico responsável pelo paciente e com os físicos do serviço.

O sistema de monitoração de área operacional engloba também instrumentos portáteis usados na monitoração do quarto após o término do tratamento, quando as fontes são retiradas do paciente e levadas para o depósito. Os profissionais de enfermagem têm sido os responsáveis por esta monitoração. Todos os biombois móveis de chumbo são deslocados para junto de uma das paredes, de modo que se houver fontes pelo quarto o sistema detectará. Caso a taxa de exposição indicada pelo sistema seja superior ao nível de radiação de fundo normalmente encontrado no interior do quarto ou o alarme dispare, o físico responsável pelo serviço é avisado imediatamente.

Os resultados das classificações de área discutidos acima e apresentados no item 5.1 mostram que as áreas físicas das instalações analisadas estão bem distribuídas, em conformidade com as normas, isto é, existe uma seqüência lógica da mais restrita até a livre, e não uma mistura entre elas. Todas as áreas supervisionadas encontram-se entre áreas controladas e áreas livres.

Alguns dos resultados obtidos na monitoração de área devem ser verificados através de nova monitoração, como é o caso específico das vizinhanças do aparelho de Cobalto - 60, que foi feita com um monitor que não permite leituras inferiores a 10 vezes o nível de radiação de fundo normalmente encontrado na área do RXT/CAISM.

5.3.3 - CLASSIFICAÇÃO DE TRABALHADORES

Os trabalhadores foram classificados nas condições de trabalho A e B de acordo com as doses equivalentes médias anuais realmente recebidas por eles durante todo o período em que foram ou têm sido individualmente monitorados^[07,08,09].

Foi feita a análise das doses equivalentes médias anuais de 151 trabalhadores que prestam ou prestaram serviço nos setores abrangidos por este trabalho. A discussão dos resultados será apresentada por ordem de setor.

5.3.3.1 - SERVIÇO DE RADIODIAGNÓSTICO/HC

a) Médicos

Apenas 04 dos 12 médicos do Serviço de Radiodiagnóstico/HC têm doses equivalentes médias anuais superiores aos limites primários para indivíduos do público.

As grandes diferenças entre as doses equivalentes anuais destes profissionais devem-se ao fato de que alguns deles, especificamente os de números 03, 07, 09 e 10, participam de angiografia. O médico de número 10 é quem faz o maior número de angiografias. Por outro lado, a maior parte dos exames realizados pelos profissionais cujas doses equivalentes anuais são inferiores a 0,45 mSv/ano, constitui-se de exames mais simples e, até mesmo, ultrassonografias. Estes profissionais raramente participam de exames que empregam técnicas de fluoroscopia, o que justifica suas doses equivalentes pequenas e faz com que possam ser classificados como indivíduos do público.

Quando as doses equivalentes recebidas por todos os profissionais que atuam em um serviço forem inferiores ao nível de registro, a monitoração pessoal, composta da monitoração de área e da monitoração individual, será dispensável^[09]. Assim sendo, uma vez que os médicos de números 07 e 10 têm suas doses equivalentes médias anuais superiores ao nível de registro, deve ser feito um levantamento dos procedimentos que provocam suas exposições. Feito isso, devem ser estudadas todas as alternativas possíveis para redução de suas doses equivalentes, seja por alterações de procedimentos, maior revezamento dos profissionais, acréscimo de blindagens, como biombos de vidro plumbífero, etc. e dentre estas deve ser escolhida a opção ótima. Isto será feito como trabalho futuro.

b) Residentes

As doses equivalentes médias anuais dos residentes do RXD/HC variam desde 0,0 até 15,22 mSv/ano. Em princípio, os residentes da radiologia ficam durante 02 anos no serviço, sendo que alguns deles permanecem por mais tempo para serem treinados em angiografia. Assim sendo e considerando-se que todos eles se revezam nos aparelhos e participam dos vários tipos de exames realizados no serviço, as doses equivalentes daqueles que permanecem por 02 anos deveriam ser praticamente iguais. Existem pelo menos 03 motivos para explicar as diferenças encontradas e estes motivos são:

- 1 - alguns dos residentes utilizam seus monitores, pelo menos no início do curso, fora do avental, contrariamente ao que tem sido recomendado pela proteção radiológica^[22,23] e que é seguido pela maioria deles;
- 2 - o residente de número 14 usou o monitor fora do avental durante todo o período de sua residência;
- 3 - existem diferenças de habilidade e de cuidados tomados durante os exames entre os vários alunos do curso de residência.

Os residentes que permanecem no serviço por mais que 24 meses começam a se dedicar ao aprimoramento em angiografia e,

como pode ser verificado no item 5.2.1, suas doses equivalentes médias anuais são, em média, superiores às dos outros.

Entre os 15 residentes cujas doses equivalentes anuais são superiores ao limite primário para indivíduos do público, apenas 03 as têm superiores ao nível de registro, sendo que destes, somente o de número 14 foi classificado na condição de trabalho A.

A dose equivalente média anual do residente de número 14, que usou o monitor fora do avental durante todo o período de sua residência, está no limiar da condição A de trabalho. Desta forma, este profissional poderia ser classificado na condição de trabalho B. Considerando-se que o monitor individual usado fora do avental de borracha plumbífera está, na verdade, medindo dose equivalente para pele e que o limite primário anual para pele de trabalhadores é de 500 mSv, sua dose equivalente média anual, igual a 15,22 mSv, é inferior ao nível de registro e ao limite primário para pele de indivíduos do público e classifica-o na condição B de trabalho.

Por outro lado, considerando-se a absorção do avental de borracha plumbífera equivalente a 0,25 mm de chumbo, usado no RXD/HC, a dose equivalente para corpo inteiro do residente de número 14 é igual a 6,92 mSv e, portanto, superior ao nível de registro e ao limite primário para indivíduos do público. Além disso, esta dose classifica-o na condição B de trabalho.

Feitas essas considerações, existem agora 04 residentes cujas doses equivalentes médias anuais são superiores ao nível de registro e os motivos de suas exposições têm que ser objeto de estudo, do mesmo modo que para os médicos de números 07 e 10, com a finalidade de reduzir suas doses e dispensar também a monitoração rotineira de área^[09]. Entre as alternativas para que a redução das doses seja possível, deve-se acrescentar o adiantamento do treinamento em radioproteção a que são submetidos todos os alunos do primeiro ano de residência. Através da utilização das técnicas de ajuda para tomada de decisão, deve-se escolher a alternativa ótima. Isto será feito como trabalho futuro.

c) Técnicos

Dos 38 técnicos do RXD/HC classificados na condição B de trabalho, todos têm doses equivalentes anuais inferiores ao nível de registro e 35 podem ser classificados como público. A exceção fica por conta de três técnicos que estão entre os mais mais antigos do serviço e que provavelmente auxiliam nos exames mais sofisticados, que resultam em doses equivalentes maiores.

A ordem de grandeza das doses equivalentes encontradas explica-se pelo fato de que os técnicos normalmente operam os aparelhos a partir do console, situado fora da sala. Isso é válido inclusive para os exames contrastados. Os técnicos que fazem exames em leito, usando o aparelho portátil de raios X, sempre o fazem usando avental de borracha plumbífera,

colocam-se fora da direção do feixe útil e a uma distância de, no mínimo, 2,0 metros a partir do centro do feixe.

Vale ressaltar que, durante a execução deste trabalho, constatou-se que alguns técnicos do RXD/HC não estão utilizando rotineiramente seus monitores individuais, o que pode contribuir para os resultados acima. Foram tomadas providências para que esse fato não mais ocorra.

d) Profissionais de Enfermagem

Apenas um entre os 13 profissionais de enfermagem do RXD/HC tem dose dose equivalente média anual superior ao limite primário para indivíduos do público. Estes profissionais, quando auxiliam em exames contrastados, colocam-se atrás de biombo de chumbo ou saem da sala durante as radiografias e, durante as exposições no modo de fluoroscopia, posicionam-se atrás do médico que está fazendo a introdução de cateter ou fazendo a injeção de contraste no paciente.

As doses equivalentes médias anuais de todos os profissionais que atuam no RXD/HC classificam-nos na condição B de trabalho e estes profissionais, portanto, não necessitam de monitores individuais^[07,08,09]. Caso os monitores fossem usados sobre o avental para avaliar suas doses equivalentes na região mais exposta do corpo^[09] (figura 5.11), ainda assim suas doses equivalentes seriam inferiores aos limites estabelecidos para dose em pele de indivíduos do público e os monitores individuais seriam, da mesma forma, desnecessários.

O risco de acidentes no serviço de radiologia é pequeno e restrito à entrada inadvertida de pessoas nas salas dos aparelhos de raios X durante exames e à exposição das mãos dos profissionais que atuam em exames contrastados. Os procedimentos que têm sido adotados para evitar tais acidentes são a manutenção das portas das salas de exames sempre fechadas, com aviso de área de radiação, e o treinamento dos profissionais.

Para garantir que a entrada inadvertida de pessoas nas salas durante exames seja evitada, devem ser instalados interruptores automáticos de feixe com relê nas portas das salas.

Apesar do treinamento dos profissionais contribuir grandemente para que os acidentes sejam evitados, as doses equivalentes para as mãos dos médicos e residentes durante fluoroscopia, não são conhecidas. Deve-se, então, estabelecer um programa de monitoração pessoal especial, que permita conhecer essas doses e classificar esses profissionais nas condições de trabalho A e B com base nos limites primários de dose equivalente para extremidades de trabalhadores. Após a monitoração de área, cujos resultados, em conjunto com dados relativos à ocupação do interior da sala de exames, serão usados para uma classificação prévia, os trabalhadores utilizarão monitores de anel ou de pulso por um período de tempo pré-determinado, para confirmar os resultados da monitoração de área. O programa de monitoração especial terá

como finalidade avaliar a necessidade de programas de monitoração individual rotineiro e operacional para as mãos dos trabalhadores^[09]. Isto será feito como trabalho futuro.

As doses equivalentes daqueles que atuam em exames que empregam técnicas de fluoroscopia, podem sofrer variações em função do tipo de exame e de características do paciente, que influenciam não só os parâmetros de operação do aparelho como também a duração dos exames. Neste caso seria interessante estabelecer um programa de monitoração individual especial^[09], com monitores de leitura direta, de modo que os profissionais pudessem identificar exatamente os tipos de exames que provocam maiores exposições e, em conjunto com a proteção radiológica, estudar alternativas para redução das doses equivalentes resultantes. Posteriormente, utilizando técnicas de ajuda para tomada de decisão, seria escolhida a alternativa ótima. Isto será feito como trabalho futuro.

Para que o serviço de radiologia esteja otimizado, é necessário que as doses equivalentes anuais de todos os servidores sejam inferiores a 5,0 mSv^[01,07,08]. Isto será feito como trabalho futuro, através do levantamento detalhado das atividades dos servidores, das causas de suas exposições, e da escolha da alternativa ótima entre as possíveis de serem empregadas para redução de suas doses equivalentes.

5.3.3.2 - LABORATÓRIO DE CATETERISMO CARDÍACO/HC

a) Médicos

O médico de número 05, único classificado na condição A de trabalho, sempre utilizou seu monitor sobre o avental, ao contrário dos outros profissionais do serviço e da recomendação da proteção radiológica^[22,23]. Além disso, esse profissional tem sido responsável pela maioria dos exames realizados no laboratório e, portanto, sujeito a uma exposição maior. Considerando-se que o monitor individual usado fora do avental de borracha plumbífera está, na verdade, medindo dose equivalente para pele e que o limite primário anual para pele de trabalhadores é de 500 mSv, sua dose equivalente média anual, igual a 28,52 mSv, classifica-o na condição B de trabalho. A dose equivalente média anual para corpo inteiro desse profissional, usando o cálculo referido no item 5.2.2, é de 7,13 mSv, superior ao nível de registro, e que classifica-o na condição B de trabalho.

b) Técnicos do Exterior da Sala

Os dois profissionais que trabalham externamente à sala podem ser classificados como indivíduos do público. O técnico de número 01 trabalha desde o início de funcionamento do laboratório e chegou a participar de atividades no interior da sala. Isto justifica o fato de sua dose equivalente média anual ser superior à do profissional de número 02, que sempre trabalhou exclusivamente fora da sala.

c) Técnicos do Interior da Sala

Os técnicos que trabalham no interior da sala de exames

do CC/HC revezam-se em três funções principais: instrumentador, injetor de contraste e circulante. Suas doses equivalentes classificam-nos na condição de trabalho B. Provavelmente o profissional de número 02, que saiu do laboratório, usava seu monitor sobre o avental, o que justificaria sua dose mais alta.

Conforme já discutido, as doses equivalentes médias anuais de todos os profissionais que atuam no CC/HC classificam-nos na condição B de trabalho e, portanto, o uso de monitores individuais é desnecessário^[07,08,09]. Caso os monitores fossem usados sobre o avental para avaliar suas doses equivalentes na pele (figura 5.16), ainda assim suas doses equivalentes os classificariam na condição B de trabalho, seriam inferiores aos limites estabelecidos para dose de pele de indivíduos do público, e os monitores individuais seriam, da mesma forma, desnecessários.

Uma vez que os médicos de números 04 e 05 têm suas doses equivalentes médias anuais superiores ao nível de registro, deve ser feito um levantamento dos procedimentos que provocam suas exposições. Feito isso, devem ser estudadas todas as alternativas possíveis para redução de suas doses equivalentes, seja por alterações de procedimentos, maior revezamento dos profissionais, acréscimo de blindagens, etc. e dentre estas deve ser escolhida a opção ótima. Caso se consiga a redução dessas doses para valores inferiores ao nível de registro, a monitoração de área rotineira será dispensável^[01,07,08]. Isto será feito como trabalho futuro.

Para avaliar a dose equivalente na região mais exposta do corpo dos profissionais^[09], que no caso específico dos médicos é a região das mãos, deve-se estabelecer um programa de monitoração pessoal especial, que permita classificar estes indivíduos nas condições de trabalho A e B com base nos limites primários de dose equivalente para extremidades de trabalhadores. Após a monitoração de área, cujos resultados, em conjunto com dados relativos à ocupação do interior da sala de exames, serão usados para uma classificação prévia, os trabalhadores utilizarão monitores de anel ou de pulso por um período de tempo pré-determinado, para que se possa confirmar os resultados da monitoração de área. Os resultados deste programa de monitoração especial serão usados na avaliação da necessidade de programas de monitoração rotineira e operacional das mãos desses profissionais^[09]. Isto será feito como trabalho futuro.

As doses equivalentes dos profissionais do CC/HC, com exceção dos técnicos do exterior da sala, podem sofrer variações em função do tipo de procedimento e de características do paciente, que influenciam, não só os parâmetros de operação do aparelho, como também a duração dos exames. Neste caso seria interessante estabelecer um programa de monitoração individual especial^[09], com monitores de leitura direta, de modo que os profissionais pudessem identificar exatamente quais os procedimentos que provocam maiores exposições e, em conjunto com a proteção radiológica, estudar alternativas para redução das doses equivalentes

resultantes. Posteriormente, utilizando técnicas de ajuda para tomada de decisão, seria escolhida a alternativa ótima. Isto será feito como trabalho futuro.

Por outro lado, sabe-se que internacionalmente, nos países mais desenvolvidos e que têm uma cultura de segurança adiantada, existem somente duas atividades, o cateterismo digitalizado e as minas subterrâneas, para as quais não se conseguiram condições B de trabalho para todos os servidores^[24]. Portanto, a redução das doses de todos os dos profissionais que atuam no CC/HC a níveis inferiores ao nível de registro, não é de fácil execução.

5.3.3.3 - SERVIÇO DE RADIOTERAPIA/CAISM

a) Médicos

Os médicos do RXT/CAISM, cujas doses equivalentes médias anuais são inferiores aos limites primários para indivíduos do público, normalmente só estão expostos à radiação no momento da colocação e da retirada das cargas da paciente, o que justificaria suas doses pequenas.

b) Técnicos

Dos 13 técnicos do RXT/CAISM apenas o de número 07 tem dose equivalente média anual superior ao limite primário para indivíduos do público e mesmo assim muito próxima ao seu limiar. A exposição desses técnicos deve-se principalmente à manipulação das fontes de césio - 137.

Deve-se estabelecer, como trabalho futuro, um programa de monitoração individual especial^[09] para avaliar as doses nas mãos desses profissionais. Este programa servirá para confirmar os resultados da monitoração de área, cujos resultados estão comentados a seguir.

De acordo com os resultados da monitoração de área realizada durante a simulação de manipulação de fontes de césio-137 (vide tabela 4.38), a dose equivalente anual nas mãos dos técnicos é de aproximadamente 10,8 mSv/ano, o que faz com que sejam classificadas como na condição B de trabalho também para dose em extremidades. Esta dose equivalente é inferior ao nível de registro e ao limite primário para extremidades de indivíduos do público.

c) Profissionais de Enfermagem

As doses equivalentes médias anuais dos profissionais de enfermagem do RXT/CAISM são, com uma única exceção, inferiores ao limite primário para indivíduos do público. Mesmo o profissional de número 04, cuja dose equivalente média anual é próxima ao limiar para indivíduos do público, poderia ser classificado como tal. Esses profissionais prestam cuidados aos pacientes submetidos à radiomoldagem e sua exposição depende do nível de solicitação destes pacientes.

Como todos os servidores da RXT/CAISM estão classificados na condição B de trabalho e têm doses equivalentes médias

anuais inferiores ao nível de registro, a monitoração pessoal rotineira para avaliação de doses de corpo inteiro é desnecessária^[07,08,09].

Todos os profissionais da RXT/CAISM que executam atividades envolvendo as fontes de braquiterapia estão sujeitos a altos níveis de dose equivalente em situações anormais. Estas situações podem ser, por exemplo, queda de fontes durante sua manipulação, pacientes necessitando de cuidados especiais durante a braquiterapia, etc.. Assim sendo, é necessário o estabelecimento de um programa de monitoração individual operacional^[09]. A monitoração individual deve ser feita com equipamento de leitura direta, de preferência que tenha alarme sonoro ou visual. Isto será feito como trabalho futuro.

As doses equivalentes efetivas médias anuais dos profissionais do RXT/CAISM classificam-nos como indivíduos do público e, assim sendo, podemos considerar esse setor como já otimizado, do ponto de vista de radioproteção^[01,07,08].

Todos os resultados usados para classificar as condições de trabalho dos profissionais dos setores analisados neste trabalho, mostram que suas doses equivalentes médias anuais são, com raras exceções, inferiores aos limites primários para indivíduos do público, e em todos os casos classificam-nos na condição de trabalho B, apesar de alguns deles exercerem suas atividades em áreas controladas.

6 - TRABALHOS FUTUROS

Serão listados e comentados abaixo os trabalhos que deveriam ser feitos futuramente como complementação do trabalho ora apresentado. São eles:

- levantar dados relativos ao fator de ocupação do interior das salas do Serviço de Radiodiagnóstico/HC para poder comparar os resultados da monitoração de área com aqueles da monitoração individual. Esses dados referem-se à: rodízio dos técnicos, número total de exames realizados/sala, número de exames realizados/sala que incluem fluoroscopia, tempo médio de exposição/exame em radiografia, tempo médio de exposição/exame no modo de fluoroscopia e local e tempo de permanência dos profissionais no interior das salas;

- usando instrumentação adequada, medir o tempo de exposição e a corrente de tubo dos aparelhos de raios X cujas indicações no console e nos manuais restringem-se ao produto destes parâmetros (MIMER e MOBILETT). Medir a taxa de exposição devido à radiação de fuga para esses dois aparelhos, usando câmara de ionização com sensibilidade adequada e tempo de resposta desprezível. Com os resultados obtidos para várias condições de funcionamento dos aparelhos, calcular o nível de radiação de fuga de cabeçote para os dois aparelhos e o nível de radiação próximo ao gerador do MOBILETT, de modo a poder compará-los aos padrões estabelecidos;

- realizar a monitoração de área nas vizinhanças das salas onde estão instalados os aparelhos de raios X MIMER III - SIEMENS e o THERAPY SIMULATOR - KERMATH, utilizando dosímetros termoluminescentes. Cada dosímetro deverá ser deixado nos pontos de interesse pelo período de um mês e a monitoração deve ser feita por cerca de 6 meses. Desta forma será possível obter uma dose equivalente média mensal nos pontos de interesse e, assim, classificar estas áreas;

- efetuar monitoração de área nas vizinhanças do MOBILETT usando câmara de ionização com sensibilidade e tempo de resposta adequados, para poder estabelecer a necessidade e o tamanho de áreas a serem isoladas, através da utilização de biombos de proteção ou simplesmente de distância, durante exames em enfermarias;

- medir a taxa de dose equivalente na entrada do paciente para o THERAPY SIMULATOR, para poder avaliar completamente o desempenho do equipamento, do ponto de vista de proteção radiológica;

- realizar as medidas do nível de radiação de fuga do acelerador linear e do nível de radiação transmitido pelos colimadores para poder compará-los ao padrão estabelecido;

- refazer a monitoração de área nas vizinhanças do aparelho de cobalto-60 do RXT/CAISM usando monitor com escala adequada à leitura de BG, para que os resultados da classificação de área nas vizinhanças das salas de teleterapia possam ser

refeitos. Os pontos de monitoração devem ser restritos àqueles situados em áreas restritas;

- estabelecer um programa de monitoração pessoal especial para as mãos dos profissionais do RXD/HC e do CC/HC que atuam em exames utilizando técnicas de fluoroscopia, e para os técnicos do RXT/CAISM que manipulam fontes de césio-137, para classificá-los nas condições de trabalho A e B com base nos limites primários de dose equivalente para extremidades de trabalhadores e avaliar a necessidade de programas de monitoração individual rotineiro e operacional para as mãos desses profissionais;

- estabelecer um programa de monitoração individual especial, com monitores de leitura direta, de modo que os profissionais do RXD/HC que atuam em fluoroscopia e do CC/HC, possam identificar exatamente os tipos de exames que provocam maiores exposições e, em conjunto com a proteção radiológica, otimizar os procedimentos;

- fazer monitoração individual especial das técnicas do Serviço de Radioterapia/CAISM durante a manipulação das fontes de césio - 137 usadas para braquiterapia. Esta monitoração, que tem como objetivo estabelecer a dose equivalente média recebida por essas profissionais durante sua permanência no depósito de fontes, deve ser feita através de um monitor de leitura direta ou de um monitor semelhante ao utilizado para monitoração individual, usados exclusivamente dentro do depósito de fontes. Os resultados destas monitorações deverão ser usados para confirmar os resultados da monitoração de área, feita através de simulação dos procedimentos;

- estabelecer um programa de monitoração individual operacional com equipamento de leitura direta, de preferência que tenha alarme sonoro ou visual, para todos os profissionais da RXT/CAISM que executam atividades envolvendo as fontes de braquiterapia;

- fazer um levantamento dos procedimentos que provocam as exposições de todos os profissionais cujas doses sejam superiores ao nível de registro. Feito isso, devem ser estudadas todas as alternativas possíveis para redução de suas doses equivalentes, seja por alterações de procedimentos, maior revezamento dos profissionais, acréscimo de blindagens, como biombos de vidro plumbífero, treinamentos, etc. e dentre estas, utilizando técnicas de ajuda para tomada de decisão, deve ser escolhida a opção ótima;

- com base nos resultados da monitoração pessoal, verificar os bons e maus aspectos de projeto e de procedimentos de trabalho dos setores estudados neste trabalho, para melhorar o sistema de proteção radiológica dos mesmos. Sempre que forem obtidas condições melhoradas de projeto e procedimentos, reavaliar o programa de monitorações e ajustá-lo de maneira que os esforços de monitoração sejam bem distribuídos. Devem ser reavaliados o tipo de medidas

realizadas, a metodologia utilizada, a frequência e a extensão das medidas.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Diretrizes Básicas de Radioproteção*. Rio de Janeiro, 1988. (CNEN-NE -3.01).
- 02 - CLAUS, W. D. What is Health Physics? *Health Physics.*, 1: 56- 61, 1958.
- 03 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Licenciamento de Instalações Radiativas*. Rio de Janeiro, 1984. (CNEN-NE - 6.02).
- 04 - UNICAMP. *Anuário Estatístico*, 1991.
- 05 - COELHO, R. F. & ALEXANDRE, A. C. Avaliação de Dose Ocupacional em Cateterismo Cardíaco. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FÍSICOS EM MEDICINA. *Anais do 3o. Congresso Brasileiro de Fisicos em Medicina realizado em Águas de Lindóia, 23 - 26 agosto,* 1989*. São Paulo, 1989. Volume Suplementar.
- 06 - JOHNS, H. E. & CUNNINGHAM, J. R. *The Physics of Radiology*. 4. ed. Charles C. Thomas Publisher, 1983.
- 07 - INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. 1977. (ICRP - 26).
- 08 - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Basic Safety Standards for Radiation Protection*. 1982. (Safety Series No. 9).
- 09 - INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers*. 1982. (ICRP - 35).
- 10 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Serviços de Radioproteção*. Rio de Janeiro, 1988. (CNEN-NE 3.02).
- 11 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção*. Rio de Janeiro, 1988. (CNEN-NE - 3.03).
- 12 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia*. Rio de Janeiro, 1990. (CNEN-NE - 3.06).
- 13 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear*. Rio de Janeiro, 1989. (CNEN-NE - 3.05).
- 14 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Transporte de Materiais Radioativos*. Rio de Janeiro, 1988. (CNEN-NE - 5.01).
- 15 - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas*. Rio de Janeiro, 1985. (CNEN-NE - 6.05).
- 16 - INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine*. 1982. (ICRP - 33).
- 17 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Condições de Proteção na Fabricação de Aventais, Luvas e Barreiras contra Raios X*. Proteção Radiológica - Parte IV. 1970. (P - NB - 32 - Parte IV - ABNT).
- 18 - NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. *Medical X-Ray and Gamma-Ray Protection for Energies up to 10 MeV - Equipment Design and Use*. 1975. (NCRP - 33).

- 19 - NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. *Instrumentation and Monitoring Methods for Radiation Protection*. 1978. (NCRP - 57).
- 20 - NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. *Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV*. 1976. (NCRP - 49) .
- 21 - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Radiological Safety Aspects of the Operation of Electron Linear Accelerators*. 1979. (Technical Reports Series No. 188).
- 22 - FAULKNER K. & HARRISON R. M. Estimation of Effective Dose Equivalent to Staff in Diagnostic Radiology. *Phys. Med. Biol.* , 33 (01) : 83 - 91, 1988.
- 23 - JONES. R. Monitoring of Staff Wearing Lead-Rubber Aprons. *The British Journal of Radiology*, 59: 1051-52, 1986.

10 JAN 1995