

As inovações tecnológicas produzidas pela inteligência humana, embora signifiquem avanços, podem também gerar riscos à saúde, quando não monitoradas de maneira adequada. Por isso, a qualidade do atendimento à população está intrinsecamente relacionada à monitoração desses riscos.

Cabe ao Estado ser o regulador dessa relação por meio da adoção de medidas de controle e prevenção e pela veiculação de informações à sociedade. Isto contribui para a efetiva participação dos usuários no processo de construção de um sistema de saúde de qualidade.

Por essa razão, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) publica esta série dedicada aos Serviços de Saúde no intuito de levar aos profissionais da área instrumentos práticos para o gerenciamento dos riscos sanitários. Espera, assim, por meio destas publicações, contribuir para o desenvolvimento de ações seguras, além de disponibilizar informações atualizadas que podem ser repassadas ao público.

Radiodiagnóstico Médico – Segurança e Desempenho de Equipamentos

ANVISA

Radiodiagnóstico Médico

Segurança e Desempenho de Equipamentos

Tecnologia em Serviços de Saúde

RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO: DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS E SEGURANÇA



Brasília, 2005

Copyright © 2005. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
É permitida a reprodução total ou parcial desta obra, desde que citada a fonte.
1º Ed. 2000 exemplares.

Conselho Editorial da Anvisa

Dirceu Raposo de Mello
Cláudio Maierovitch Pessanha Henriques
Franklin Rubinstein
Victor Hugo Travassos da Rosa
Carlos Dias Lopes
Márcia Helena Gonçalves Rollemberg

Núcleo de Assessoramento à Comunicação Social e Institucional

Assessor-Chefe: Carlos Dias Lopes

Editora Anvisa

Coordenação

Pablo Barcellos

Projeto Gráfico

João Carlos Machado e Rogério Reis

Diagramação

Rogério Reis

Revisão

Clara Martins

Capa

Paula Simões e Rogério Reis

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança /
Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
– Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

104 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

ISBN 85-334-1040-9

1. Radiologia. 2. Manual de Segurança Radiológica I. Título. II. Série

NLM WN 650

RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO:
DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS E
SEGURANÇA

Coordenação

Martha Aurélia Aldred
Instituto de Física – USP
Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo – CVS/SP

Elaboração e Redação

Antonio Carlos Alexandre – Centro de Engenharia Biomédica / Unicamp
Paulo Roberto Costa – Instituto de Eletrotécnica e Energia / USP
Rita Elaine Franciscato Corte – Centro de Engenharia Biomédica / Unicamp
Tânia Aparecida Correia Furquim – Instituto de Eletrotécnica e Energia / USP

Colaboradores

Anderson A. Lima
Coordenação Geral de Vigilância em Saúde do Município de Porto Alegre – RS

Andréa Fátima Giacomet
Anvisa

Clovis Abrahão Hazin
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Helvécio Corrêa Mota
Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN

Henrique Manoel Lederman
Universidade Federal de São Paulo – Unifesp

João Gilberto Tilly Júnior
Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – Cefet/PR

José Alberto Ferreira Filho
Universidade Federal de Itajubá – Unifei

José Tullio Moro
Instituto de Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Laura Furnari
Real e Benemerita Sociedade Portuguesa de Beneficência – SP

Nilson Benedito Lopez
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Regina Bitelli Medeiros
Universidade Federal de São Paulo – Unifesp

Simone K. Dias
Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN

Thomaz Ghilardi Netto
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – FFCLRP/USP

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
---------------------	----------

INTRODUÇÃO	11
-------------------	-----------

Parte I

1. PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO DE FUGA	13
------------------------------------------------------------	-----------

1.1. Testes de radiação de fuga	13
---------------------------------	----

Parte II

2. PROCEDIMENTOS PARA EQUIPAMENTOS DE RAIOS X CONVENCIONAIS	17
--------------------------------------------------------------------	-----------

2.1. Levantamento radiométrico	17
--------------------------------	----

2.2. Testes de controle de qualidade	21
--------------------------------------	----

2.2.1. Sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de Raios X	21
-------------------------------------------------------------------------------	----

2.2.2. Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo	23
-------------------------------------------------------	----

2.2.3. Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no ar	24
---------------------------------------------------------------	----

2.2.4. Rendimento do tubo de Raios X	26
--------------------------------------	----

2.2.5. Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição	27
-----------------------------------------------------------	----

2.2.6. Reprodutibilidade do controle automático de exposição (AEC)	29
--------------------------------------------------------------------	----

2.2.7. Camada semi-redutora (CSR)	30
-----------------------------------	----

2.2.8. Ponto focal	32
--------------------	----

2.2.9. Dose de entrada na pele	34
--------------------------------	----

2.2.10. Alinhamento de grade	36
------------------------------	----

Parte III

3. PROCEDIMENTOS PARA EQUIPAMENTOS DE RAIOS X MAMOGRAFICOS	39
-------------------------------------------------------------------	-----------

3.1. Levantamento radiométrico	39
--------------------------------	----

3.2. Testes de controle de qualidade	43
--------------------------------------	----

3.2.1. Sistema de colimação	43
-----------------------------	----

3.2.2. Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo	45
-------------------------------------------------------	----

3.2.3. Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no ar	47
---------------------------------------------------------------	----

3.2.4. Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição	49
-----------------------------------------------------------	----

3.2.5. Reprodutibilidade do controle automático de exposição (AEC)	50
--------------------------------------------------------------------	----

3.2.6. Desempenho do controle automático de exposição	52
-------------------------------------------------------	----

3.2.7. Desempenho do controle de densidade	53
--------------------------------------------	----

3.2.8. Camada semi-redutora (CSR)	54
-----------------------------------	----

3.2.9. Ponto focal _____	56
3.2.10. Força de compressão _____	59
3.2.11. Qualidade da imagem _____	60
3.2.12. Dose de entrada na pele _____	62
3.2.13. Luminância do negatoscópio _____	63

Parte IV

4. PROCEDIMENTOS PARA EQUIPAMENTOS DE RAIOS X COM FLUOROSCOPIA __ 65

4.1. Levantamento radiométrico _____	65
4.2. Testes de controle de qualidade _____	68
4.2.1. Exatidão e reprodutibilidade da tensão _____	68
4.2.2. Camada semi-redutora (CSR) _____	70
4.2.3. Tempo acumulado de fluoroscopia _____	72
4.2.4. Taxa de Kerma no típica e taxa de Kerma no ar máxima na entrada da pele do Paciente _____	73
4.2.5. Resolução espacial de alto contraste _____	75
4.2.6. Discriminação de baixo contraste _____	77
4.2.7. Colimação do feixe de Raios X _____	78
4.2.8. Ajuste automático da abertura do colimador _____	79
4.2.9. Ponto focal _____	80

Parte V

5. PROCEDIMENTOS PARA TOMÓGRAFOS COMPUTADORIZADOS _____ 83

5.1. Levantamento radiométrico _____	83
5.2. Testes de controle de qualidade _____	86
5.2.1. Sistema de colimação _____	86
5.2.2. Alinhamento da mesa em relação ao "Gantry" _____	88
5.2.3. Deslocamento longitudinal da mesa _____	89
5.2.4. Inclinação do "Gantry" _____	90
5.2.5. Ruído, exatidão e uniformidade de número de CT _____	91
5.2.6. Resolução espacial de alto contraste _____	94
5.2.7. Espessura de corte _____	95
5.2.8. Dose média em cortes múltiplos (MSAD) _____	96

BIBLIOGRAFIA _____ 99

APRESENTAÇÃO

A Radiologia Diagnóstica constitui poderosa ferramenta utilizada pela Medicina e pela Odontologia. Nesse contexto, a adoção de uma cultura de proteção radiológica e de garantia de qualidade deve ser uma tônica, na atual tendência, de oferecer aos usuários dos serviços transparência no que diz respeito à segurança e eficácia dos exames radiológicos.

Com esse objetivo, o Ministério da Saúde, sob a coordenação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em parceria com o Projeto Reforço à Reorganização do Sistema Único de Saúde (ReforSUS) e também com a colaboração de especialistas de várias instituições do país, elaborou o guia “Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança”.

A adoção de Programas de Garantia da Qualidade de Imagens Radiográficas pelos serviços de radiodiagnóstico é indispensável para a obtenção de imagens que permitam uma correta interpretação, com a exposição do paciente a quantidades de radiação minimizadas e otimizadas. Esses programas pressupõem, além da adequação de procedimentos, a realização de testes e medições. Nesse aspecto, este Guia apresenta a descrição dos procedimentos para a realização de um conjunto mínimo de testes de qualidade para equipamentos de radiodiagnóstico médico que confirmem o bom desempenho desses equipamentos ou indiquem a necessidade de manutenção corretiva.

A verificação da segurança dos ambientes em que são instalados os equipamentos de raios X é da maior relevância e, por este motivo, este Guia também apresenta procedimentos para a realização tanto de testes de radiação de fuga nos cabeçotes dos aparelhos de raios X como para a realização de levantamentos radiométricos que revelem as condições de proteção radiológica.

Cláudio Maierovitch Pessanha Henriques

INTRODUÇÃO

Esta publicação é o resultado do trabalho de físicos especialistas em radiodiagnóstico, representando diferentes instituições e universidades do país e, sem ter a pretensão de esgotar o assunto nem de limitar a atuação dos profissionais da área, tem o objetivo de facilitar a uniformização dos procedimentos para a realização de testes de qualidade em equipamentos de radiodiagnóstico médico e de testes de segurança em instalações de radiodiagnóstico. Deve-se ressaltar ainda que, sendo um trabalho coletivo, alguns pontos suscitaram profundos debates por refletirem opiniões diversas, nem todas incorporadas ao texto final. Por essa e outras razões, este Guia deverá submeter-se a revisões periódicas, mantendo um caráter dinâmico que acompanhe o avanço tecnológico e a evolução das boas práticas radiológicas.

Fundamentado nas diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico estabelecidas pela Portaria MS/SVS nº 453, de 1º de junho de 1998, o presente Guia será de grande utilidade também às Vigilâncias Sanitárias dos Estados e Municípios, uma vez que estabelece uma referência para a análise dos trabalhos realizados na área. Alguns testes não previstos na Portaria nº 453/98 foram incluídos no Guia, devido à importância que eles têm no controle da qualidade de imagens. No que se refere aos padrões de desempenho de cada parâmetro a ser testado, com base em bibliografia aceita internacionalmente, foram sugeridos alguns valores diferentes dos apresentados na referida Portaria.

1. PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO DE FUGA

1.1. TESTES DE RADIAÇÃO DE FUGA

Objetivo	Verificar se os níveis da radiação de fuga detectados a 1 m do ponto focal estão de acordo com as restrições estabelecidas na legislação.
Freqüência mínima	Na instalação do equipamento e a cada quatro anos.
Excepcionalmente	Após modificações ou reformas na cúpula do equipamento ou troca do tubo de raios X.

INSTRUMENTAL

- (1) Monitor de Radiação e Câmara de Ionização de 100 cm² de área sensível, sem dimensões lineares superiores a 10 cm, com tempo de resposta adequada e devidamente calibrados. Detectores com outras dimensões podem ser aceitáveis, desde que o procedimento a ser adotado preveja as correções geométricas pertinentes.
- (2) Placas de chumbo (uma camada deci-redutora).
- (3) Trena e tripé para segurar a câmara de ionização.

METODOLOGIA

- (1) Fechar o colimador do equipamento de raios X e cobri-lo com as placas de chumbo.
- (2) Escolher uma técnica de operação que forneça o maior *kVp* e a maior corrente anódica possíveis para operação do tubo em regime contínuo (fluoroscopia). Caso isso não seja possível, selecionar o maior valor de *mAs* possível para a tensão selecionada, cuidando para que o tempo de exposição seja adequado ao tempo de resposta da câmara de ionização operando em modo taxa.

- (3) Posicionar o detector a 1 m do ponto da cúpula de raios X que será avaliado.
- (4) Repetir para vários pontos em torno da cúpula.
- (5) Fazer a leitura em modo taxa.

CÁLCULOS

- (1) No caso de ser utilizada uma técnica com a maior corrente do tubo em regime contínuo, a leitura da câmara de ionização devidamente corrigida para taxa de kerma no ar pode ser diretamente comparada com os valores apresentados no Quadro 1.1.
- (2) Caso tenha sido utilizado um mA diferente, o cálculo para uma leitura em modo taxa deve ser:

$$R = \frac{L \cdot I_{m\acute{a}x}}{I}$$

onde:

R = taxa de kerma corrigida para a corrente máxima de funcionamento contínuo.

L = taxa de kerma na corrente selecionada.

$I_{m\acute{a}x}$ = corrente máxima de funcionamento contínuo.

I = corrente selecionada.

Observação: $I_{m\acute{a}x}$ pode ser obtida nos documentos acompanhantes do tubo. Quando essa informação não estiver disponível, pode-se utilizar:

$$\frac{I_{\text{carga máxima}}}{h} = \begin{cases} 5 \text{ mA} \Rightarrow \text{se o equipamento for até 100 kVp} \\ 4 \text{ mA} \Rightarrow \text{se o equipamento for até 125 kVp} \\ 3,3 \text{ mA} \Rightarrow \text{se o equipamento for até 150 kVp} \end{cases}$$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar os valores obtidos com os níveis de *radiação de fuga* estabelecidos na legislação (Quadro 1.1).
- (2) Registrar a conformidade com os níveis de *radiação de fuga* em cada ponto avaliado.

Quadro 1.1. Níveis de Radiação de Fuga (Portaria MS/SVS nº 453/98)

<i>Tipo de equipamento</i>	<i>Limite</i>
Radiologia médica	1,0 mGy/h a 1 m do ponto focal
Radiologia odontológica	0,25 mGy/h a 1 m do ponto focal (intra-oral)
	1,0 mGy/h a 1 m do ponto focal (demais)

2. PROCEDIMENTOS PARA EQUIPAMENTOS DE RAIOS X CONVENCIONAIS

2.1. LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO

Objetivo	Verificar se os níveis de dose equivalente a que estão expostos os trabalhadores e o público, em geral, estão de acordo com as restrições estabelecidas na legislação.
Freqüência mínima	Na instalação do equipamento e a cada quatro anos.
Excepcionalmente	Após reformas estruturais, modificações no equipamento ou alteração do leiaute da sala.

INSTRUMENTAL

- (1) Monitor de área com tempo de resposta adequado e devidamente calibrado.
- (2) Objeto espalhador (água ou acrílico) com dimensões aproximadas às do abdômen de um adulto típico. (massa de 60 a 75kg e altura de 1,60 a 1,75m)
- (3) Trena.

METODOLOGIA

Croqui da sala

- (1) Desenhar a sala de raios X, identificando as áreas adjacentes e anotando suas dimensões ou definindo escala apropriada.
- (2) Representar e identificar no croqui: tubo de raios X, painel de comando, biombos, portas, janelas, mesa de exame e *bucky* vertical.
- (3) Selecionar os pontos de interesse para medições. Registrar os pontos selecionados.

Parâmetros de operação

- (4) Selecionar a maior tensão do tubo (kVp) adotada nos exames de rotina e registrar o valor selecionado.
- (5) Selecionar o tempo de exposição (t) e a corrente anódica (I) adequados ao tempo de resposta do monitor escolhido, evitando sempre atingir a carga máxima do equipamento.
- (6) Registrar os parâmetros técnicos selecionados.
- (7) Selecionar o maior tamanho de campo permitido.
- (8) Selecionar o modo de detecção a ser utilizado.

Barreiras primárias

- (9) Direcionar o feixe de raios X para a barreira primária a ser avaliada e colocar o objeto espalhador na posição que seria ocupada pelo paciente.

Obs.: utilizar distância foco-filme representativa dos exames com esse posicionamento.

- (10) Posicionar o monitor no primeiro ponto de medida, atrás da barreira primária.
- (11) Realizar uma exposição e registrar a leitura do monitor.
- (12) Repetir os itens (9) a (11) para o(s) outro(s) ponto(s) de interesse.
- (13) Repetir os itens (9) a (12) para as outras barreiras primárias.

Barreiras secundárias - radiação espalhada e de fuga

- (14) Colocar o objeto espalhador na posição mais freqüentemente ocupada pelo paciente.
- (15) Posicionar o tubo de raios X sobre o objeto espalhador, com a distância foco-filme mais utilizada na rotina e selecionar o maior campo de radiação permitido.
- (16) Posicionar o monitor no primeiro ponto de medição, atrás da barreira secundária.
- (17) Realizar uma exposição e registrar a leitura do monitor.
- (18) Repetir os itens (16) e (17) para os demais pontos de interesse.
- (19) Repetir os itens (16) a (18) para as demais barreiras secundárias.

Obs.: Se julgar necessário, repetir os itens (14) a (19), selecionando outros possíveis posicionamentos de pacientes, para uma ou mais barreiras secundárias.

CÁLCULOS

- (1) Definir os *fatores de uso (U)* para cada uma das barreiras primárias, de acordo com a fração da carga de trabalho em que o feixe primário é dirigido a essa barreira.

Obs.: o Quadro 2.2 apresenta valores de (U) que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

- (2) Definir os *fatores de ocupação (T)* a partir de estimativa, da fração de permanência do indivíduo que fica maior tempo na área em questão, ao longo do ano.

Obs.: o Quadro 2.3 apresenta valores de (T) que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

- (3) Determinar a *carga de trabalho máxima semanal (W)*, através de entrevista com o técnico, a partir do número aproximado de pacientes por dia (ou por semana) e dos parâmetros operacionais mais utilizados;

Obs.: o Quadro 2.4 apresenta valores de W que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

- (4) Corrigir as leituras fornecidas pelo monitor levando em conta o tempo de resposta, fator de calibração para o feixe atenuado e condições ambientais de temperatura e pressão.
- (5) Converter os valores obtidos para unidades de *dose externa (mSv)* ou de *taxa de dose externa (mSv/h)*, usando o fator multiplicativo correspondente à unidade de medida do monitor, de acordo com Quadro 2.1.

Quadro 2.1. Fatores multiplicativos

<i>exposição (mR)</i>	x 0,01	= dose externa (mSv)
<i>dose absorvida no ar (mrad)</i>	x 0,0114	
<i>kerma no ar (mGy)</i>	x 1,14	
<i>equivalente de dose ambiente</i>	x 1	

“Dose externa” é uma grandeza operacional criada pela Portaria MS/SVS nº 453/98, nas Disposições Transitórias, para utilização em medidas de monitoração de ambientes de trabalho e de sua circunvizinhança.

- (6) Realizar as seguintes operações para obter os valores em mSv/mA.min:

- para medidas efetuadas em modo taxa de dose:

$$\text{taxa de dose externa (mSv/h)} / [60 (\text{min/h}) \times I (\text{mA})]$$

- para medidas efetuadas em modo dose integrada:

$$\text{dose externa (mSv)} \times 60 \text{ (s/min)} / [I \times t] \text{ (mAs)}$$

(7) Multiplicar o resultado obtido em (6) por $[W \text{ (mA} \cdot \text{min/sem)} \times U \times T]$, para obter a taxa de dose externa em mSv/sem ; para expressar o valor encontrado em mSv/ano , multiplicar o resultado por 50 semanas/ano.

(8) Registrar o valor encontrado.

Quadro 2.2. Fatores de Uso (U)

Barreira	U
piso	0,5
parede 1	0,25
parede 2	0,25

Quadro 2.3. Fatores de Ocupação (T)

Ocupação	Local	T
integral	consultório, recepção	1
parcial	sala de espera, vestiário, circulação interna	1/4
eventual	circulação externa, banheiros, escadas	1/16
rara	jardins cercados, casa de máquinas	1/32

Quadro 2.4. Exemplos de Carga de Trabalho semanal máxima (W)

Equipamento	No de pac/dia	W	W (mA•min/sem)		
		(mA•min/pac)	100 kVp	125 kVp	150 kVp
Radiografia Geral	24	2,67	320	160	80
Radiografia de Tórax	60	0,53	160	80	–

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

(1) Comparar os valores de dose externa obtidos com os níveis de restrição de dose estabelecidos na Legislação (Quadro 2.5).

- (2) Registrar a conformidade com os níveis de *restrição de dose* em cada ponto avaliado.

Quadro 2.5 Níveis de Restrição de Dose (Portaria MS/SVS nº 453/98)

<i>Localização</i>	<i>Restrição de Dose Semanal</i>	<i>Restrição de Dose Anual</i>
Área controlada	0,10 mSv/sem	5,0 mSv/ano
Área livre	0,01 mSv/sem	0,5 mSv/ano

2.2. TESTES DE CONTROLE DE QUALIDADE

2.2.1. SISTEMA DE COLIMAÇÃO E ALINHAMENTO DO EIXO CENTRAL DO FEIXE DE RAIOS X

Objetivo	Avaliar os desvios entre o campo luminoso e o campo de radiação. Avaliar o alinhamento do eixo central do feixe de raios X.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Dispositivo para teste de tamanho de campo.
- (2) Dispositivo para teste de alinhamento do feixe.
- (3) Chassi com écran.
- (4) Filme radiográfico.
- (5) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Verificar se a cúpula do equipamento de raios X encontra-se nivelada em relação à mesa ou outro suporte adequado.
- (2) Posicionar o ponto focal a 1m da mesa ou suporte.
- (3) Posicionar o chassi carregado sobre a mesa ou suporte.
- (4) Posicionar o dispositivo para teste de tamanho de campo sobre o chassi.
- (5) Abrir o colimador de forma a ajustar o campo luminoso ao campo do dispositivo de teste de tamanho de campo.
- (6) Posicionar o cilindro para teste de alinhamento sobre o centro do dispositivo para teste de tamanho de campo.
- (7) Fazer uma exposição usando aproximadamente 40 kVp e 3 mAs.
- (8) Abrir novamente o colimador de forma que o campo luminoso seja maior que o anterior.
- (9) Repetir a exposição com os mesmos parâmetros.
- (10) Revelar o filme.

ANÁLISE DA IMAGEM

(1) *Alinhamento do eixo central*

Verificar a localização da imagem da esfera do topo do cilindro.

- Se a imagem estiver dentro do primeiro círculo, a inclinação é $< 1,5^\circ$.
- Se a imagem estiver entre o primeiro e o segundo círculo, a inclinação é $< 3^\circ$.

(2) *Coincidência do campo luminoso com o campo de radiação*

Medir a maior distância entre as bordas do campo luminoso e do campo de radiação.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) O ângulo de inclinação em relação ao eixo central do feixe deve ser $< 3^\circ$.
- (2) A diferença entre as bordas do campo de radiação e as bordas do campo luminoso não deve exceder 2% da distância entre o ponto focal e a mesa.

2.2.2. EXATIDÃO E REPRODUTIBILIDADE DA TENSÃO DO TUBO

Objetivo	Avaliar a exatidão e a reprodutibilidade da tensão do tubo de raios X.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Medidor de kVp de leitura direta e calibrado, com incerteza máxima de 2%.
- (2) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Posicionar o medidor de kVp sobre a mesa ou sobre o suporte, alinhado com o tubo de raios X.
- (2) Ajustar a distância foco-medidor recomendada pelo fabricante.
- (3) Abrir o campo de luz, de forma que cubra toda a área sensível do medidor.
- (4) Escolher quatro valores de kVp e três valores de mA mais utilizados clinicamente.
- (5) Fazer uma série de quatro exposições para cada combinação de kVp com mA .
- (6) Anotar as medidas de kVp obtidas em cada série de medições.

CÁLCULOS

- (1) *Exatidão*
 - Calcular, para cada série de medidas, a média das leituras de tensão obtidas.

- Determinar, para cada valor de tensão, o desvio (d) entre os valores nominais e os valores médios, utilizando a relação abaixo:

$$d(\%) = 100 \cdot \frac{kVp_{nom} - kVp_{médio}}{kVp_{nom}}$$

onde:

kVp_{nom} = valor nominal selecionado no equipamento.

$kVp_{médio}$ = média das medidas realizadas, para cada valor de tensão.

(2) Reprodutibilidade

- Calcular, para cada série de medidas, o valor máximo ($kVp_{máx}$) e o valor mínimo ($kVp_{mín}$) entre as leituras de tensão obtidas.
- Determinar, para cada série de medidas, a reprodutibilidade $R(\%)$, utilizando a relação abaixo.

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{kVp_{máx} - kVp_{mín}}{(kVp_{máx} + kVp_{mín}) / 2}$$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Exatidão*: deve estar dentro de $\pm 10\%$.
- (2) *Reprodutibilidade*: devem ser $\leq 10\%$.

2.2.3. REPRODUTIBILIDADE E LINEARIDADE DA TAXA DE KERMA NO AR

Objetivo	Avaliar a linearidade e a constância da taxa de kerma no ar.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Escolher três valores distintos de corrente e um valor fixo de tempo (ou três valores de mAs).
- (2) Selecionar um valor de tensão dentro da faixa utilizada clinicamente.
- (3) Anotar a distância foco-detector utilizada.
- (4) Posicionar a câmara de ionização sobre a mesa ou outro suporte adequado, alinhada com o tubo.
- (5) Ajustar o tamanho e o centro do campo de luz, de forma a cobrir o volume sensível da câmara.
- (6) Fazer quatro exposições para o primeiro valor de mA ou mAs selecionado.
- (7) Repetir o item (6) para os demais valores de mA ou mAs selecionados.

CÁLCULOS

(1) Reprodutibilidade

- Para cada valor de mAs selecionado, escolher o valor máximo ($L_{máx}$), o valor mínimo ($L_{mín}$) e calcular a reprodutibilidade $R(\%)$:

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{L_{máx} - L_{mín}}{(L_{máx} + L_{mín}) / 2}$$

(2) Linearidade

- Calcular o valor médio das leituras obtidas ($L_{médio}$), para cada valor de mAs .
- Dividir o valor médio calculado, pelo mAs correspondente ($R = L_{médio} / mAs$).

- Selecionar o valor máximo (R_1) e o valor mínimo (R_2) e calcular a linearidade $L(\%)$.

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{(L_{m\acute{a}x} + L_{m\acute{i}n}) / 2}$$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Reprodutibilidade*: $\leq 10\%$.
- (2) *Linearidade*: $\leq 20\%$.

2.2.4. RENDIMENTO DO TUBO DE RAIOS X

Objetivo	Avaliar o rendimento do tubo de raios X.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Selecionar um valor de tensão igual a 80 kVp (medido).
- (2) Escolher um valor de mA e um valor de tempo ou um valor de $mA \cdot s$.
- (3) Ajustar a distância foco-detector para 1m.
- (4) Posicionar a câmara de ionização sobre a mesa ou suporte adequado, alinhada com o tubo.

- (5) Ajustar o tamanho e o centro do campo de luz, de forma a cobrir o volume sensível da câmara.
- (6) Fazer quatro exposições.

CÁLCULOS

- (1) Calcular o rendimento (R), utilizando a equação abaixo:

$$R \text{ (mGy/mA min)} = \frac{0,876 \cdot \bar{L} \cdot f_{(P,T)} \cdot 0,01 \cdot 60}{I \cdot t}$$

onde:

- \bar{L} = média das leituras em mR.
 $f_{(P,T)}$ = fator de correção para pressão e temperatura.
 t = tempo de exposição em segundos.
 I = corrente em mA.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Se os valores de tensão e de corrente e a camada semi-redutora estiverem corretos, o valor encontrado para o rendimento (R) deve ser considerado como linha de base para os testes futuros.

2.2.5. EXATIDÃO E REPRODUTIBILIDADE DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO

Objetivo	Avaliar a exatidão e a reprodutibilidade do tempo de exposição.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Instrumento para medir tempo de exposição, com incerteza máxima de 2%.

METODOLOGIA

- (1) Definir pelo menos seis valores de tempo, normalmente utilizados clinicamente.
- (2) Posicionar o instrumento de medida sobre a mesa ou sobre suporte adequado.
- (3) Selecionar um valor de tensão e um valor de mA normalmente utilizados.
- (4) Fazer quatro exposições para cada valor de tempo definido.

CÁLCULOS

(1) Reprodutibilidade

- Calcular, para cada série de medidas, o valor máximo ($t_{máx}$) e o valor mínimo ($t_{mín}$) entre as leituras de tensão obtidas.
- Determinar, para cada série de medidas, a reprodutibilidade $R(\%)$, utilizando a relação abaixo.

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{t_{máx} - t_{mín}}{(t_{máx} + t_{mín}) / 2}$$

(2) Exatidão

- Calcular a média dos valores obtidos e para cada tempo selecionado, o desvio percentual $d(\%)$:

$$d(\%) = 100 \cdot \frac{t_{nom} - t_{médio}}{t_{nom}}$$

onde:

t_{nom} = valor de tempo selecionado no equipamento.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Reprodutibilidade*: deve ser $\leq 10\%$.
- (2) *Exatidão*: deve estar dentro de $\pm 10\%$.

2.2.6. REPRODUTIBILIDADE DO CONTROLE AUTOMÁTICO DE EXPOSIÇÃO (AEC)

Objetivo	Avaliar a constância do sistema de controle automático de exposição.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Fantoma de cobre com espessura de 1,5 mm ou de outro material, com atenuação equivalente (p.ex.: 15 cm de *PMMA* ou 3 cm de alumínio).
- (3) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Selecionar um valor de tensão normalmente utilizado na rotina.
- (2) Posicionar o fantoma sobre a mesa, de modo a cobrir o sensor do sistema automático de exposição.
- (3) Posicionar o tubo de raios X a uma distância fixa.
- (4) Fazer quatro exposições.
- (5) Anotar os valores de leituras obtidos.

CÁLCULOS

- (1) Escolher o valor máximo ($L_{máx}$) e o valor mínimo ($L_{mín}$) obtidos e calcular a reprodutibilidade $R(\%)$:

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{L_{máx} - L_{mín}}{(L_{máx} + L_{mín}) / 2}$$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Reprodutibilidade*: deve ser $\leq 10\%$.

2.2.7. CAMADA SEMI-REDUTORA (CSR)

Objetivo	Verificar a qualidade do feixe de raios X.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Suporte para câmara de ionização.
- (3) Lâminas de alumínio com pureza de 99,0% e espessuras variáveis de 0,1 mm a 2,0 mm.

METODOLOGIA

- (1) Selecionar um valor de tensão igual a 80 kVp (medido).
- (2) Selecionar um valor de 20 a 40 mAs.
- (3) Posicionar a câmara de ionização dentro do campo de radiação, centralizada em relação ao feixe de raios X, tal que a distância foco-detector seja de 60 cm.
- (4) Realizar três exposições.
- (5) Anotar os valores das leituras.
- (6) Realizar novas exposições adicionando atenuadores de 0,5 mm ou de 1,0 mm a meia distância entre a câmara de ionização e o detector, até obter uma leitura de exposição inferior à metade do valor inicial.
- (7) Anotar todos os valores das leituras.
- (8) Retirar as lâminas de alumínio, realizar uma exposição e anotar o valor da leitura.

Obs.: se o valor for discrepante em relação aos obtidos no item (4), repetir o procedimento.

CÁLCULOS

- (1) Calcular L_0 como sendo a média dos valores medidos sem filtros.
- (2) Calcular o valor da CSR utilizando a equação abaixo:

$$CSR = \frac{x_b \ln\left(2 \frac{L_a}{L_0}\right) - x_a \ln\left(2 \frac{L_b}{L_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_a}{L_b}\right)}$$

onde:

- L_a = leitura de exposição imediatamente superior a $L_0/2$.
- L_b = leitura de exposição imediatamente inferior a $L_0/2$.
- x_a = espessura de Al correspondente à leitura L_a .
- x_b = espessura de Al correspondente à leitura L_b .

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar o valor da CSR obtida com os valores fornecidos no Quadro 2.6, para os diferentes valores de kVp e tipos de retificação do equipamento de raios X.

Quadro 2.6. Valores mínimos da CSR em função da fase e tensão do tubo.

Tensão de Pico (kVp)	CSR (mm Al)	
	Monofásico	Trifásico
70	2,1	2,3
80	2,3	2,6
90	2,5	3,0
100	2,7	3,2
110	3,0	3,5
120	3,2	3,9
130	3,5	4,1

Nota: Os valores de CSR do Quadro 2.6 já incluem uma tolerância de 0,1 mmAl.

2.2.8. PONTO FOCAL

Objetivo	Avaliar as dimensões do ponto focal.
Frequência mínima	Anual.

INSTRUMENTAL

- (1) Padrão de barras*.
- (2) Suporte para o padrão de barras.
- (3) Chassi sem écran, ou envelope para filme.
- (4) Marcadores de chumbo.
- (5) Nível de bolha.
- (6) Trena.
- (7) Lupa.

METODOLOGIA

- (1) Posicionar o chassi (ou o envelope) carregado sobre a mesa ou sobre o suporte apropriado.
- (2) Posicionar o suporte com o padrão de barras sobre o chassi.
- (3) Alinhar o padrão de barras com a cúpula.
- (4) Ajustar a distância foco-filme, de acordo com a especificação do fabricante do padrão de barras.
- (5) Ajustar o colimador, de forma que o padrão de barras esteja totalmente dentro do campo de raios X.
- (6) Selecionar um dos focos.
- (7) Fazer uma exposição utilizando a técnica radiográfica recomendada pelo fabricante do padrão de barras.
- (8) Repetir o procedimento para o outro foco.
- (9) Processar os filmes.

* Podem ser usados outros dispositivos, como padrão fenda ou estrela e o *pin hole*, seguindo metodologia específica.

ANÁLISE DA IMAGEM

- (1) Procurar na imagem de cada ponto focal o menor grupo, no qual todas as barras possam ser resolvidas.
- (2) Obter o valor do ponto focal medido, utilizando a tabela do fabricante do padrão de barras.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Os valores encontrados para os pontos focais devem estar dentro dos limites recomendados pela NEMA (National Electrical Manufacturers Association):

Quadro 2.7. Tamanhos de ponto focal recomendadas pela NEMA

Tamanho nominal do Ponto Focal	Máximas dimensões recomendadas	
	Largura (mm)	Comprimento (mm)
0,10	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,20	0,30	0,30
0,30	0,45	0,65
0,40	0,60	0,85
0,50	0,75	1,10
0,60	0,90	1,30
0,70	1,10	1,50
0,80	1,20	1,60
0,90	1,30	1,80
1,0	1,40	2,00
1,1	1,50	2,20
1,2	1,70	2,40
1,3	1,80	2,60
1,4	1,90	2,80
1,5	2,00	3,00
1,6	2,10	3,10
1,7	2,20	3,20
1,8	2,30	3,30
1,9	2,40	3,50
2,0	2,60	3,70

Tamanho nominal do Ponto Focal	Máximas dimensões recomendadas	
	Largura (mm)	Comprimento (mm)
2,2	2,90	4,00
2,4	3,10	4,40
2,6	3,40	4,80
2,8	3,60	5,20
3,0	3,90	5,60

2.2.9. DOSE DE ENTRADA NA PELE

Objetivo	Estimar a dose de entrada na pele representativa dos exames praticados no serviço.
Frequência mínima	Bienal.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Solicitar ao técnico que forneça os parâmetros radiográficos (kVp , mA , tempo, mAs , filtro adicional, tamanho de campo, ponto focal, distância foco-filme) usados para os exames listados no Quadro 2.8.

Quadro 2.8. Espessuras radiográficas, considerando um paciente adulto típico (massa de 60 kg a 75 kg e altura de 1,60 m a 1,75 m).

Projeção Radiográfica		Espessura (cm)
Coluna lombar	AP	23
	LAT	30
	JLS	20
Abdômen	AP	23
Tórax	PA	23
	LAT	32
Crânio	AP	19
	LAT	15

- (2) Posicionar a câmara de ionização acima da mesa ou do suporte, de acordo com o Quadro 2.8*.
- (3) Alinhar a câmara de ionização com a cúpula.
- (4) Selecionar um tamanho de campo de referência, de forma a cobrir a área sensível da câmara de ionização.
- (5) Realizar quatro exposições, para cada uma das projeções descritas no Quadro 2.8, utilizando as técnicas radiográficas fornecidas.
- (6) Determinar o valor da camada semi-redutora para cada tensão utilizada nos exames.

CÁLCULOS

- (1) Para leituras em unidades de exposição, converter para unidades de kerma no ar:
 - $kerma\ no\ ar\ (mGy) = exposição\ (mR) \times 0,0087.$
- (2) Calcular a dose de entrada na pele (DEP):

$$DEP = k_{ar} \cdot BSF \cdot k_{P,T} \cdot F_c$$

* quando não for possível colocar a câmara na distância especificada, utilizar uma distância conveniente e corrigir a leitura pela lei do inverso do quadrado da distância.

onde:

k_{ar} = leitura do kerma no ar.

BSF = fator de retro-espalhamento na água para a geometria e qualidade da radiação.

k_{pT} = fator de correção para a temperatura e pressão.

F_c = fator de calibração da câmara de ionização para a qualidade do feixe.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar os valores obtidos com os níveis de referência apresentados no Quadro 2.9.

Quadro 2.9. Níveis de referência de radiodiagnóstico por radiografia, em termos de Dose de entrada na pele, para paciente adulto típico.

<i>Exame</i>		<i>DEP (mGy)</i>
Coluna lombar	AP	10
	LAT	30
	JLS	40
Abdômen	AP	10
Tórax	PA	0,4
	LAT	1,5
Crânio	AP	5
	LAT	3

Obs.: Esses valores de *DEP* referem-se a combinações tela-filme regulares (velocidade relativa 200). Caso seja utilizada uma combinação com velocidade diferente, ajustar os valores de *DEP* proporcionalmente.

2.2.10. ALINHAMENTO DE GRADE

Objetivo	eterminar a correta instalação da grade anti-espalhamento, verificando o seu alinhamento.
Frequência mínima	Semestral.

INSTRUMENTAL

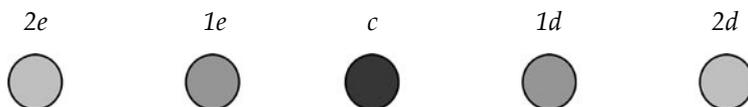
- (1) Dispositivo para verificação alinhamento de grade.
- (2) Trena.
- (3) Nível de bolha.
- (4) Filme.
- (5) Densitômetro.

METODOLOGIA

- (1) Centralizar o tubo de raios X em relação ao receptor de imagem, já com o filme.
- (2) Colocar o tubo na distância de focalização da grade a ser testada.
- (3) Posicionar o dispositivo de teste em cima da mesa, conforme recomendação do fabricante.
- (4) Centralizar o furo central do dispositivo com o campo luminoso (os furos que formam uma seta devem apontar para a frente da mesa).
- (5) Colimar o feixe para obter um campo quadrado, pouco menor que o comprimento do dispositivo.
- (6) Colocar os blocos de chumbo em cima dos demais furos, de forma que apenas o furo central fique descoberto.
- (7) Selecionar uma técnica de acordo com as sugestões dos protocolos de medição.
- (8) Sem mexer o dispositivo, mudar os blocos de chumbo de forma que apenas o último furo de cada lado, em relação ao centro, fique coberto.
- (9) Irradiar com as mesmas técnicas já selecionadas.
- (10) Retirar os blocos de chumbo e irradiar mais uma vez.
- (11) Revelar o filme e fazer as leituras com o densitômetro.
- (12) Verificar se a imagem do furo central possui densidade óptica entre 1 e 2. Caso esteja fora deste intervalo, repetir o teste.

ANÁLISE DAS IMAGENS

(1) Após as leituras das densidades ópticas, fazer as anotações no filme de acordo com a figura abaixo:



(2) Calcular as diferenças abaixo e anotar os resultados.

- $(C - 1e)$
- $(C - 2e)$
- $(C - 1d)$
- $(C - 2d)$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

(1) A grade é considerada alinhada quando:

- $(C - 1e) = (C - 1d)$
- $(C - 2e) = (C - 2d)$

As diferenças devem ser menores que 10%.

3. PROCEDIMENTOS PARA EQUIPAMENTOS DE RAIOS X MAMOGRÁFICOS

3.1. LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO

Objetivo	Verificar se os níveis de dose equivalente a que estão expostos trabalhadores e o público, em geral, estão de acordo com as restrições estabelecidas na legislação.
Frequência mínima	Na instalação do equipamento e a cada quatro anos.
Excepcionalmente	Após reformas estruturais, modificações no equipamento ou alteração do leiaute da sala.

INSTRUMENTAL

- (1) Monitor de área com tempo de resposta adequado e devidamente calibrado.
- (2) Objeto espalhador (água ou acrílico) com dimensões aproximadas à de uma mama grande.
- (3) Trena.

METODOLOGIA

Croqui da sala

- (1) Desenhar a sala de raios X, identificando as áreas adjacentes e anotando suas dimensões ou definindo escala apropriada.
- (2) Representar e identificar no croqui: o tubo de raios X, o painel de comando, biombos, portas e janelas.
- (3) Selecionar e identificar os pontos de interesse para medições, situados dentro e fora da sala. Registrar os pontos selecionados.

Parâmetros de operação

- (4) Selecionar a maior tensão do tubo (kVp) adotada nos exames de rotina. Registrar o valor selecionado.
- (5) Selecionar o tempo de exposição (t) e a corrente anódica (I) adequados ao tempo de resposta do monitor e modo de detecção escolhido. Registrar os valores selecionados.

Obs.: escolher os parâmetros técnicos adequados, evitando que a carga máxima do equipamento seja atingida durante a execução do levantamento radiométrico.

- (6) Selecionar o maior tamanho de campo permitido.

Barreiras primárias

- (7) Direcionar o feixe de raios X à barreira primária que se quer avaliar e colocar o objeto espalhador na posição que seria ocupada pela mama do paciente.
- (8) Posicionar o monitor no primeiro ponto de medida, atrás da barreira primária.
- (9) Realizar uma exposição e registrar a leitura do monitor.
- (10) Repetir o item (8) e (9) o(s) outro(s) ponto(s) de interesse.
- (11) Repetir os itens (7) a (10) para as outras barreiras primárias.

Barreiras secundárias - radiação espalhada e de fuga

- (12) Colocar o objeto espalhador sobre o suporte de mama na posição correspondente à projeção crânio-caudal e acionar o sistema de compressão.
- (13) Selecionar o maior tamanho de campo permitido.
- (14) Posicionar o monitor no primeiro ponto de medida, atrás da barreira secundária.
- (15) Realizar uma exposição e registrar a leitura do monitor.
- (16) Repetir o item (14) e (15) para os demais pontos de interesse.
- (17) Repetir os itens (14) a (16) para as demais barreiras secundárias.

Nota: se julgar necessário, repetir os itens (12) a (17), selecionando outros possíveis posicionamentos de pacientes, para uma ou mais barreiras secundárias.

CÁLCULOS

- (1) Definir os *fatores de uso* (U) para cada uma das barreiras primárias, de acordo com a fração da carga de trabalho em que o feixe primário é dirigido para essa barreira.

Obs.: o Quadro 3.2 apresenta valores de (U) que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

- (2) Definir os *fatores de ocupação* (T) a partir da estimativa de fração de permanência do indivíduo que fica maior tempo na área em questão, ao longo do ano.

Obs.: o Quadro 3.3 apresenta valores de (T) que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

- (3) Determinar a *carga de trabalho* máxima semanal (W), através de entrevista com o técnico, a partir do número aproximado de pacientes por dia (ou por semana) e dos parâmetros operacionais mais utilizados.

Obs.: o Quadro 3.4 apresenta valores de W que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

- (4) Corrigir as leituras fornecidas pelo monitor, levando em conta o tempo de resposta e o fator de calibração para o feixe atenuado e para as condições ambientais de temperatura e pressão.
- (5) Converter os valores obtidos para unidades de *dose externa* (mSv) ou de *taxa de dose externa* (mSv/h), usando o fator multiplicativo correspondente à unidade de medida do monitor, de acordo com o Quadro 3.1.

Quadro 3.1. Fatores multiplicativos

<i>exposição</i> (mR)	x 0,01	= dose externa (mSv)
<i>dose absorvida no ar</i> ($mrad$)	x 0,0114	
<i>kerma no ar</i> (mGy)	x 1,14	
<i>equivalente de dose ambiente</i> (mSv)	x 1	

“dose externa” é uma grandeza operacional criada pela Portaria MS/SVS nº 453/98, nas Disposições Transitórias, para utilização em medidas de monitoração de ambientes de trabalho e de sua circunvizinhança.

(6) Realizar as seguintes operações para obter os valores em $mSv/mA.min$:

- para medidas efetuadas em modo taxa de dose:

$$\text{taxa de dose externa (mSv/h)} / [60 (\text{min/h}) \times I (\text{mA})]$$

- para medidas efetuadas em modo dose integrada:

$$\text{dose externa (mSv)} \times 60 (\text{s/min}) / [I \times t] (\text{mAs})$$

(7) Multiplicar o resultado obtido por $[W (\text{mA} \bullet \text{min/sem}) \times U \times T]$ para obter a taxa de dose externa em mSv/sem ; para expressar o valor encontrado em mSv/ano , multiplicar o resultado por 50 semanas/ano.

(8) Registrar o valor encontrado.

Quadro 3.2. Fatores de uso (U)

Barreira	Fator de uso
Piso	0,5
Parede 1	0,25
Parede 2	0,25

Quadro 3.3. Fatores de ocupação (T)

Ocupação	Local	T
Integral	Consultório, recepção	1
Parcial	Sala de espera, vestiário, circulação interna	1/4
Eventual	Circulação externa, banheiros, escadas	1/16
Raro	Jardins cercados, casa de máquinas	1/32

Quadro 3.4. Exemplos de Carga de Trabalho semanal máxima (W)

Equipamento	No de paciente/ dia	W (mA•min/pac.)	W (mA.min/sem)
			< 50 kVp
Mamógrafo	24	16,7	2.000

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar os valores de *dose externa* obtidos com os níveis de *restrição de dose* estabelecidos na Legislação (Quadro 3.5).
- (2) Registrar a conformidade com os níveis de *restrição de dose* em cada ponto avaliado.

Quadro 3.5. Níveis de Restrição de Dose (Portaria MS/SVS nº 453/98)

Localização	Restrição de Dose Semanal	Restrição de Dose Anual
área controlada	0,10 mSv/sem	5,0 mSv/ano
área livre	0,01 mSv/sem	0,5 mSv/ano

3.2. TESTES DE CONTROLE DE QUALIDADE

3.2.1. SISTEMA DE COLIMAÇÃO

Objetivo	Avaliar a coincidência entre o campo de radiação e o campo luminoso, o alinhamento entre as bordas dos campos e o ajuste da borda da bandeja de compressão à borda do receptor de imagem.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Quatro objetos radiopacos de mesmo tamanho e um objeto de tamanho diferente.
- (2) Chassis carregados.
- (3) Atenuador de acrílico ou material equivalente com espessura de 1 a 2 cm.
- (4) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Colocar um chassi carregado no porta-chassi.
- (2) Carregar um segundo chassi, de tamanho maior, colocando o filme de forma que a emulsão fique do lado contrário ao écran.
- (3) Colocar esse chassi sobre o suporte da mama, de modo a ultrapassar aproximadamente 2 cm da borda do receptor de imagem, do lado da parede torácica, com o “lado do tubo” voltado para baixo.
- (4) Retirar a bandeja de compressão e demarcar o campo luminoso sobre o chassi com os objetos radiopacos de mesmo tamanho.

Obs.: No caso da borda da parede torácica, o objeto radiopaco deve ser deslocado de aproximadamente 5 cm para a direita em relação ao centro do campo, para evitar sobreposição com o detector do Controle Automático de Exposição (AEC, em inglês).

- (5) Colocar o objeto radiopaco de tamanho diferente na superfície inferior do dispositivo de compressão, tangente à borda da parede torácica e deslocado de 5 cm para a esquerda, em relação ao centro do campo.
- (6) Recolocar a bandeja de compressão, posicionando-a à distância aproximada de 6 cm acima do suporte de mama.
- (7) Colocar o atenuador sobre o compressor.
- (8) Fazer uma exposição usando o AEC.
- (9) Processar os filmes.
- (10) Repetir o procedimento para os diferentes colimadores e bandejas de compressão.

CÁLCULOS

- (1) Utilizando o filme colocado sobre o suporte de mama, medir os desvios entre as bordas do campo de raios X e do campo luminoso.
- (2) Para cada um dos eixos do filme, calcular o desvio $d(\%)$ utilizando a relação a seguir:

$$d (\%) = 100 (d1 + d2) / DFF$$

onde:

d_1 e d_2 são as distâncias medidas de cada lado do filme, e
 DFF é a distância foco-filme.

- (3) Sobrepor os dois filmes para determinar o desvio entre as bordas da bandeja de compressão e o receptor de imagem.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

(1) Coincidência

- Os desvios entre os campos de radiação e os campos luminosos, em qualquer um dos dois eixos do filme, não devem exceder 2% da DFF .

(2) Alinhamento do campo de radiação com a borda do filme

- o desvio entre o campo de radiação e a borda do filme na parede torácica deve ser menor ou igual a 3 mm.

(3) Ajuste da borda da bandeja de compressão à borda do receptor de imagem

- o desvio não deve exceder 1% da DFF .

3.2.2. EXATIDÃO E REPRODUTIBILIDADE DA TENSÃO DO TUBO

Objetivo	Avaliar a exatidão e a reprodutibilidade da tensão do tubo de raios X.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Quando houver manutenção corretiva ou modificação que possa ter influência na tensão do tubo.

INSTRUMENTAL

- (1) Medidor de kVp de leitura direta, calibrado na faixa de tensão utilizada em mamografia, com exatidão de ± 1 kVp e precisão de 0,5 kVp.

METODOLOGIA

- (1) Remover a bandeja de compressão.
- (2) Posicionar o instrumento de medição sobre o suporte de mama, centralizado e à distância aproximada de 4 cm da parede torácica.
- (3) Selecionar o modo de operação manual.
- (4) Definir quatro valores de tensão mais utilizados clinicamente (p.ex.: 26 kVp, 28 kVp, 30 kVp e 32 kVp), utilizando foco grosso.
- (5) Selecionar um valor de *mAs*, de modo a ajustar os parâmetros do instrumento utilizado.
- (6) Selecionar o primeiro valor de tensão a ser medido.
- (7) Fazer quatro exposições.
- (8) Repetir o procedimento para cada um dos demais valores de tensão selecionados.

CÁLCULOS

(1) Exatidão

- Calcular, para cada valor de tensão, a média das leituras obtidas.
- Determinar, para cada valor de tensão, o desvio (*d*) entre os valores nominais e os valores médios, utilizando a relação abaixo:

$$d(\%) = 100 \cdot \frac{kVp_{nom} - kVp_{medio}}{kVp_{nom}}$$

onde:

kVp_{nom} = valor nominal selecionado no equipamento.

kVp_{medio} = média das medidas realizadas, para cada valor de tensão.

(2) *Reprodutibilidade*

- Calcular o coeficiente de variação (CV):

$$CV = \frac{\sigma}{kVp_{\text{m\u00e9dio}}}$$

onde:

σ = desvio padr\u00e3o.

INTERPRETA\u00c7\u00c3O DOS RESULTADOS

- (1) *Exatid\u00e3o*: deve estar dentro de $\pm 5\%$.
- (2) *Reprodutibilidade*: deve ser $\leq 0,02$.

3.2.3. REPRODUTIBILIDADE E LINEARIDADE DA TAXA DE KERMA NO AR

Objetivo	Avaliar a const\u00e2ncia da taxa de kerma para um dado mAs e a linearidade do rendimento.
Freq\u00fc\u00eancia m\u00ednima	Anual.
Excepcionalmente	Ap\u00f3s reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) C\u00e2mara de ioniza\u00e7\u00e3o e eletr\u00f4metro.
- (2) Suporte para a c\u00e2mara de ioniza\u00e7\u00e3o.

METODOLOGIA

- (1) Definir tr\u00eas valores de *mAs* t\u00edpicos para mamas finas, m\u00e9dias e espessas (p.ex.: 20 mAs, 40 mAs e 80 mAs).
- (2) Desativar o sistema de controle autom\u00e1tico de exposi\u00e7\u00e3o.
- (3) Selecionar um valor de tens\u00e3o nominal utilizado normalmente na rotina.

- (4) Posicionar a câmara de ionização sobre o suporte de mama, centralizada e à distância aproximada de 4 cm da parede torácica.
- (5) Selecionar o primeiro valor de mAs definido e fazer quatro exposições.
- (6) Repetir o procedimento para os demais valores de mAs selecionados, mantendo a tensão constante.

CÁLCULOS

(1) Reprodutibilidade

- Para cada valor de mAs calcular o coeficiente de variação (CV) da taxa de kerma no ar, utilizando a equação abaixo:

$$CV = \frac{\sigma}{k_{\text{médio}}}$$

onde:

σ = desvio padrão.

(2) Linearidade

- Calcular o valor médio das leituras obtidas ($L_{\text{médio}}$), para cada valor de mAs .
- Dividir cada valor médio pelo mAs correspondente ($R = L_{\text{médio}}/mAs$).
- Selecionar o maior e o menor valor de R e calcular a linearidade $L(\%)$.

$$L(\%) = 100 \cdot \frac{R_1 - R_2}{(R_1 + R_2) / 2}$$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Reprodutibilidade*: o coeficiente de variação deve ser $\leq 0,10$ (recomendável $\leq 0,05$).
- (2) *Linearidade*: deve estar dentro de $\pm 20\%$ (recomendável $\pm 10\%$).

3.2.4. EXATIDÃO E REPRODUTIBILIDADE DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO

Objetivo	Avaliar a exatidão e a reprodutibilidade do indicador de tempo de exposição.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Instrumento para medir tempo de exposição, com incerteza menor ou igual a 2%.

METODOLOGIA

- (1) Definir três valores de tempo normalmente utilizados.
- (2) Posicionar o instrumento de medida sobre o suporte de mama.
- (3) Selecionar um valor de tensão nominal normalmente utilizado (p.ex.: 28 kVp), um valor de *mAs* e o primeiro valor de tempo de exposição definido.
- (4) Fazer quatro exposições para cada valor de tempo definido.

CÁLCULOS

(1) Exatidão

- Para cada tempo selecionado, calcular a média dos valores obtidos e o desvio $d(\%)$:

$$d(\%) = 100 \frac{t_{nom} - t_{médio}}{t_{nom}}$$

onde:

t_{nom} é o valor selecionado no equipamento.

(2) Reprodutibilidade

- Calcular, para cada série de medidas, o valor máximo ($t_{máx.}$) e o valor mínimo ($t_{mín.}$) entre as leituras de tensão obtidas.

- Determinar, para cada série de medidas, a reprodutibilidade $R(\%)$, utilizando a relação abaixo:

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{t_{\text{máx}} - t_{\text{mín}}}{(t_{\text{máx}} + t_{\text{mín}}) / 2}$$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Exatidão*: deve ser $\pm 10\%$.
- (2) *Reprodutibilidade*: deve ser $\leq 10\%$.

3.2.5. REPRODUTIBILIDADE DO CONTROLE AUTOMÁTICO DE EXPOSIÇÃO (AEC)

Objetivo	Avaliar a reprodutibilidade do Controle Automático de Exposição (AEC).
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Placas de acrílico ou material equivalente, com espessuras entre 2 cm e 6 cm.
- (2) Numeradores radiopacos para identificação das radiografias.
- (3) Chassi e filmes mamográficos.
- (4) Densitômetro.

METODOLOGIA

- (1) Selecionar o modo de exposição automática do equipamento (*auto mAs*).
- (2) Selecionar a posição “zero” (ou normal) no controle de densidades.
- (3) Selecionar um valor de tensão normalmente utilizado (p.ex.: 28 kVp).

- (4) Selecionar a posição do sensor do AEC mais próxima da parede torácica.
- (5) Colocar um conjunto de placas de acrílico de 4cm na posição a ser ocupada pela mama do paciente.

Obs.: verificar se as placas de acrílico cobrem completamente a área ativa do sensor selecionado.

- (6) Posicionar o numerador radiopaco, para identificar a radiografia.
- (7) Posicionar a bandeja de compressão sobre as placas de acrílico.
- (8) Separar um único chassi para ser utilizado durante todo o teste.
- (9) Posicionar o chassi, carregado com filme, no porta-chassi.
- (10) Fazer uma exposição e anotar o valor do *mAs*.
- (11) Revelar o filme.
- (12) Repetir o procedimento quatro vezes.

CÁLCULOS

- (1) Medir a densidade óptica (*DO*) na linha central da imagem, a 4cm da parede torácica.
- (2) Calcular o coeficiente de variação (*CV*) das densidades ópticas obtidas.

$$CV = \frac{\sigma}{DO_{\text{médio}}}$$

onde:

$DO_{\text{médio}}$ = média das medidas de Densidade Ótica.

σ = desvio padrão.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Reprodutibilidade da densidade óptica*: o coeficiente de variação deve ser $\leq 0,05$.

3.2.6. DESEMPENHO DO CONTROLE AUTOMÁTICO DE EXPOSIÇÃO (AEC)

Objetivo	Avaliar a compensação do AEC para diferentes tensões e espessuras de fantoma.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Placas de acrílico ou material equivalente, com espessuras variáveis entre 2 cm e 6 cm.
- (2) Numeradores radiopacos para identificação das radiografias.
- (3) Chassi e filmes mamográficos.
- (4) Densitômetro.

METODOLOGIA

- (1) Selecionar três valores de tensão utilizados normalmente (p.ex.: 26 kVp, 28 kVp e 30 kVp).
- (2) Selecionar o modo de exposição automática do equipamento (*auto mAs*), com o controle de densidades ajustado na posição “zero” (ou normal).
- (3) Separar um único chassi para ser utilizado durante todo o teste.
- (4) Selecionar uma posição do sensor do AEC, mais próxima da parede torácica.
- (5) Colocar o chassi carregado no receptor de imagem.
- (6) Posicionar uma placa de acrílico de 2 cm sobre o porta-chassi; a placa de acrílico deve cobrir completamente a área ativa do sensor selecionado.
- (7) Colocar um numerador radiopaco para identificar a imagem.
- (8) Posicionar a bandeja de compressão sobre a placa de acrílico.
- (9) Selecionar o primeiro valor de tensão, fazer uma exposição e anotar o valor do *mAs*.
- (10) Revelar o filme.
- (11) Repetir o procedimento para o mesmo valor da tensão, variando as espessuras da placa de acrílico para 4 cm e 6 cm.
- (12) Repetir todo o procedimento para os demais valores selecionados de tensão.

CÁLCULOS

- (1) Medir a densidade óptica na linha central da imagem a 4 cm da parede torácica.
- (2) Calcular a diferença dos valores das densidades óticas máxima e mínima obtidas.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Diferença entre as densidades óticas*: deve ser $\leq 0,30$ (desejável: $\leq 0,15$).

3.2.7. DESEMPENHO DO CONTROLE DE DENSIDADE

Objetivo	Avaliar o desempenho do controle de densidades.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Placas de acrílico cuja soma de espessuras seja de 3,0 cm a 4,0 cm.
- (2) Chassi e filmes mamográficos.
- (3) Objetos radiopacos para identificação das radiografias.
- (4) Densitômetro.

METODOLOGIA

- (1) Selecionar o modo de exposição automática do equipamento *auto mAs*.
- (2) Selecionar um valor de tensão normalmente utilizado (p.ex.: 28 kVp).
- (3) Colocar o chassi carregado no porta-chassi.
- (4) Posicionar as placas de acrílico sobre o porta-chassi.
- (5) Colocar um numerador radiopaco para identificar a imagem.
- (6) Fazer exposições, variando o ajuste de densidade pelo menos da posição -2 até a posição +2 e anotar os valores de *mAs*.
- (7) Revelar os filmes.

CÁLCULOS

- (1) Medir a densidade óptica na linha central da imagem, a 4 cm da parede torácica.
- (2) Verificar o incremento de densidade óptica entre dois passos consecutivos do controle de densidade.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) O incremento de DO correspondente a cada passo deve resultar em uma variação de densidade menor ou igual a 0,20.

3.2.8. CAMADA SEMI-REDUTORA (CSR)

Objetivo	Verificar a qualidade do feixe.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Suporte para câmara de ionização.
- (3) Lâminas de 0,1 mm de espessura de alumínio com pureza de 99,99%.

METODOLOGIA

- (1) Selecionar o modo de operação manual e o valor de tensão mais próximo de 28 kVp (valor medido).
- (2) Selecionar um valor de mAs que forneça uma leitura de aproximadamente 5 mGy.
- (3) Posicionar a câmara de ionização centralizada, a 4 cm da parede torácica, e acima do suporte de mama cerca de 5 cm

Obs.: a câmara de ionização deve estar completamente dentro do campo de radiação.

- (4) Posicionar a bandeja de compressão o mais próximo possível do tubo de raios X.
- (5) Realizar duas exposições e anotar os valores das leituras.
- (6) Realizar exposições adicionando atenuadores de 0,1 mm até obter uma leitura abaixo da metade do valor inicial; anotar todas as leituras.
- (7) Retirar as lâminas de alumínio, realizar outra exposição e anotar a leitura.

CÁLCULOS

- (1) Calcular o valor da CSR, utilizando a equação abaixo:

$$CSR = \frac{x_b \ln\left(2 \frac{L_a}{L_0}\right) - x_a \ln\left(2 \frac{L_b}{L_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_a}{L_b}\right)}$$

onde:

- L_0 = leitura inicial de exposição.
- L_a = leitura de exposição imediatamente superior a $L_0/2$.
- L_b = leitura de exposição imediatamente inferior a $L_0/2$.
- x_a = espessura de Al correspondente à leitura L_a .
- x_b = espessura de Al correspondente à leitura L_b .

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) O valor obtido para CSR deve estar entre:

$$kVp/100 + 0,03 \text{ mmAl} \text{ e } kVp/100 + C \text{ mmAl}$$

onde:

- $C = 0,12 \text{ mmAl}$ para Mo/Mo.
- $C = 0,19 \text{ mmAl}$ para Mo/Rh.
- $C = 0,22 \text{ mmAl}$ para Rh/Rh.

3.2.9. PONTO FOCAL

Objetivo	Avaliar as dimensões do ponto focal.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após a troca do tubo.

INSTRUMENTAL

- (1) Padrão fenda com abertura de $10\mu\text{m}$ ou padrão estrela de $0,5^\circ$ para foco fino e de $1,0^\circ$ para foco grosso.
- (2) Dispositivo de alinhamento.
- (3) Chassi e filmes mamográficos.
- (4) Tela intensificadora pequena ou similar.
- (5) Nível de bolha.
- (6) Lente com aumento de pelo menos oito vezes.
- (7) Suporte para o dispositivo de teste.

METODOLOGIA

- (1) Retirar a bandeja de compressão.
- (2) Posicionar o suporte sobre o porta-chassi, com a abertura próxima à saída do colimador.
- (3) Verificar o nivelamento do suporte em relação ao suporte de mama.
- (4) Colocar o dispositivo de alinhamento e fazer o alinhamento inicial com o auxílio do campo luminoso.
- (5) Fazer uma exposição para conferir o alinhamento, utilizando tela intensificadora ou similar.
- (6) Posicionar o dispositivo de teste de ponto focal.
- (7) Posicionar um chassi carregado na base do suporte.
- (8) Selecionar um dos pontos focais.
- (9) Fazer uma exposição utilizando a técnica recomendada pelo fabricante do dispositivo de teste.
- (10) Para o padrão fenda, deslocar o chassi, girar o dispositivo em 90° e fazer nova exposição.

(11) Revelar o filme.

(12) Repetir o procedimento para o outro ponto focal.

CÁLCULOS

(1) *Padrão fenda*

- Determinar o fator de magnificação (m), utilizando a equação abaixo:

$$m = \frac{d_{fi}}{d_{ff}}$$

onde:

d_{fi} = distância do padrão fenda ao plano da imagem.
 d_{ff} = distância do ponto focal ao padrão fenda.

- As dimensões do ponto focal (a) são dadas por:

$$a = \frac{[I - s(m + 1)]}{m}$$

onde:

I = dimensões medidas da imagem (largura).
 m = fator de magnificação.
 s = largura da abertura da fenda.

- A correção para o eixo de referência é dada por:

$$a_{ref} = a \cdot \left\{ 1 - \frac{tg(\theta - \phi)}{tg\theta} \right\}$$

onde:

θ = ângulo efetivo.
 ϕ = ângulo de referência.

(2) Padrão estrela

- Determinar o fator de magnificação (m):

$$m = \frac{d_{fi}}{d_{fe}}$$

onde:

d_{fi} : distância do padrão estrela ao plano da imagem.
 d_{fe} : distância do ponto focal ao padrão estrela.

- Observar no filme, na direção paralela ao eixo anodo-catodo, a região em que a imagem dos setores desaparece pela primeira vez.
- Medir a maior distância entre o ponto onde os setores desaparecem e o centro do padrão estrela (d_{paral}).
- Calcular o tamanho do ponto focal na direção perpendicular ao eixo anodo-catodo:

$$f_{perp} = \frac{\pi\theta}{180(m-1)} \cdot d_{perp}$$

onde:

θ corresponde ao ângulo do padrão estrela usado.

- Na direção perpendicular ao eixo anodo-catodo, medir a distância entre o ponto onde começam a desaparecer os setores e o centro do padrão estrela (d_{perp}).
- Calcular o tamanho do ponto focal na direção paralela ao eixo do anodo-catodo, utilizando a equação abaixo:

$$f_{paral} = \frac{\pi\theta}{180(m-1)} \cdot d_{paral}$$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Os valores encontrados para os pontos focais devem estar dentro dos limites recomendados pela NEMA (National Electrical Manufacturers Association):

Quadro 3.6. Tamanhos de ponto focal recomendadas pela NEMA

Tamanho nominal do Ponto Focal	Máximas dimensões recomendadas	
	Largura (mm)	Comprimento (mm)
0,10	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,20	0,30	0,30
0,30	0,45	0,65
0,40	0,60	0,85
0,50	0,75	1,10
0,60	0,90	1,30

3.2.10. FORÇA DE COMPRESSÃO

Objetivo	Avaliar a intensidade de força de compressão.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após a troca do tubo.

INSTRUMENTAL

- (1) Balança.
- (2) Toalhas.

METODOLOGIA

- (1) Colocar uma toalha sobre o porta-chassi.
- (2) Posicionar a balança sobre a toalha.
- (3) Colocar uma toalha sobre a balança.

- (4) Acionar o sistema elétrico de compressão até que o mesmo pare automaticamente.
- (5) Ler e anotar o valor da compressão.
- (6) Usando o modo manual, mover o sistema de compressão para baixo até que o mesmo pare.
- (7) Ler e anotar o valor da compressão.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) O valor da força de compressão deve estar entre 11 kgf e 18 kgf.

3.2.11. QUALIDADE DA IMAGEM

Objetivo	Avaliar a qualidade da imagem mamográfica.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Fantoma adotado pelo ACR (Colégio Americano de Radiologia) ou equivalente.
- (2) Chassi e filme mamográfico.
- (3) Lente de aumento equivalente à usada clinicamente.
- (4) Densitômetro.
- (5) Disco de acrílico com 4 mm de espessura e aproximadamente 1cm de diâmetro.

METODOLOGIA

- (1) Colocar um chassi carregado no porta-chassi.
- (2) Posicionar o fantoma centralizado, com a borda da parede torácica alinhada com a borda do porta-chassi.

- (3) Colocar o disco de acrílico em cima do fantoma, de forma que não se sobreponha às estruturas internas do fantoma.
- (4) Abaixar a bandeja de compressão até que toque a superfície do fantoma.
- (5) Para equipamentos que utilizam controle automático de exposição, selecionar o sensor localizado sob o centro do fantoma.
- (6) Selecionar um valor de tensão igual a 28 kVp, e densidade “zero”.
- (7) Para equipamentos que não dispõem de controle automático de exposição, selecionar 28 kVp e um valor de *mAs* usado normalmente para mama equivalente ao fantoma.
- (8) Fazer uma exposição e anotar os dados da técnica utilizada.
- (9) Revelar o filme na processadora usada normalmente para filmes mamográficos.

CÁLCULOS

- (1) Medir e registrar a densidade óptica do centro da imagem.
- (2) Medir e registrar as densidades ópticas na área do disco de acrílico e na área imediatamente vizinha, perpendicular ao eixo anodo-catodo.
- (3) Calcular as diferenças entre as densidades ópticas medidas e registrá-las.
- (4) Contar e identificar as estruturas visualizadas na imagem, usando a lente de aumento.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Deve ser possível identificar na imagem, no mínimo, dez estruturas ou uma fibra de 0,75mm, uma microcalcificação de 0,32 mm e uma massa de 0,75 mm.
- (2) A densidade óptica no centro da imagem deve ser, no mínimo, igual a 1,40.
- (3) O valor da diferença entre as densidades ópticas deve ser de, no mínimo, 0,35.

Obs: Para avaliar a imagem do fantoma é importante atender aos seguintes requisitos:

- Utilizar um negatoscópio com luminância entre 3.000 e 3.500 nit.
- Colocar uma máscara cobrindo a área não utilizada do negatoscópio.
- Avaliar a imagem em sala com iluminação ambiente aproximada de 50 lux.

3.2.12. DOSE DE ENTRADA NA PELE

Objetivo	Estimar a dose na entrada da pele da mama para adotá-la como representativa dos exames praticados no serviço.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos que possam afetar a dose.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Fantoma mamográfico ACR ou equivalente.
- (3) Chassi e filme mamográfico.

METODOLOGIA

- (1) Colocar o fantoma sobre o porta-chassi, na posição a ser ocupada pela mama do paciente.
- (2) Selecionar a posição do sensor adequada para o fantoma.
- (3) Colocar um chassi carregado no porta-chassi.
- (4) Fazer uma exposição e anotar os parâmetros técnicos.
- (5) Desativar o AEC e substituir o fantoma pela câmara de ionização, de forma que a superfície desta fique no mesmo nível do fantoma.

Obs.: a câmara deve estar completamente dentro do campo de radiação.

- (6) Selecionar, em modo manual, os parâmetros técnicos registrados.
- (7) Realizar uma série de quatro exposições e registrar as leituras.

CÁLCULOS

- (1) Calcular a média das exposições.
- (2) Calcular a dose de entrada na pele da mama utilizando a equação abaixo:

$$D = K_{ar} \cdot k_{PT} \cdot f_c \cdot BSF$$

onde:

- K_{ar} = Kerma no ar.
- k_{PT} = fator de correção para temperatura e pressão.
- f_c = fator de calibração da câmara.
- BSF = fator de retro-espalhamento.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) O valor da dose na pele na entrada do feixe deve ser menor ou igual a 10 mGy, para uma mama comprimida para a espessura de 4,5 cm.

3.2.13. LUMINÂNCIA DO NEGATOSCÓPIO

Objetivo	Verificar a luminosidade e sua uniformidade.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Fotômetro com escala em nit ou cd/m².

METODOLOGIA

- (1) Realizar medidas em cinco pontos distintos do negatoscópio: uma medida na área central e quatro nos cantos da região útil.
- (2) Registrar os valores obtidos.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) A luminância deve estar entre 3.000 e 3.500 cd/m².
- (2) A variação da luminosidade deve ser menor ou igual a 15% em toda a superfície.

4. PROCEDIMENTOS PARA EQUIPAMENTOS DE RAIOS X COM FLUOROSCOPIA

4.1. LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO

Objetivo	Verificar se os níveis de dose equivalente a que estão expostos trabalhadores e indivíduos do público estão de acordo com as restrições estabelecidas na legislação.
Freqüência mínima	Na instalação do equipamento e a cada quatro anos.
Excepcionalmente	Após reformas estruturais, modificações no equipamento ou alteração do leiaute da sala.

INSTRUMENTAL

- (1) Monitor de área com tempo de resposta adequado e devidamente calibrado.
- (2) Objeto espalhador (água ou acrílico) com dimensões aproximadas às do abdômen de um adulto típico.
- (3) Placas de alumínio com dimensões mínimas de 30 cm x 30 cm (para procedimentos com AEC).
- (4) Trena.

METODOLOGIA

Croqui da sala

- (1) Desenhar a sala de raios X, identificando as áreas adjacentes e anotando suas dimensões ou definindo escala apropriada.
- (2) Representar e identificar no croqui: tubo de raios X, biombo, painel de comando, visor, portas, janelas e mesa de exame.
- (3) Selecionar e identificar os pontos de interesse para medições. Registrar os pontos selecionados.

Parâmetros de operação – sem uso do AEC

- (4) Selecionar a maior tensão do tubo (kVp) adotada nos exames de rotina. Registrar o valor selecionado.
- (5) Selecionar a maior corrente anódica (I) disponível. Registrar o valor selecionado.
- (6) Selecionar o maior tamanho de campo permitido.

Parâmetros de operação – com uso do AEC

- (7) Colocar as placas de alumínio centralizadas no feixe de raios X, de modo que o sistema selecione os maiores valores de tensão e corrente anódica utilizados na rotina.
- (8) Registrar os valores automaticamente selecionados.
- (9) Selecionar o maior tamanho de campo permitido.

Barreiras secundárias - radiação espalhada e de fuga

- (10) Colocar o objeto espalhador sobre a mesa de exames.
- (11) Selecionar no monitor o modo taxa de dose e adotar um tempo de exposição suficiente para estabilizar a leitura.
- (12) Posicionar o monitor no primeiro ponto de medição, atrás da barreira secundária.
- (13) Realizar uma exposição e registrar a leitura.
- (14) Repetir o procedimento para os demais pontos de interesse.

CÁLCULOS

- (1) Definir os *fatores de ocupação* (T) a partir de estimativa da fração de permanência do indivíduo que fica maior tempo na área em questão, ao longo do ano.

Obs.: o Quadro 4.2 apresenta valores de T que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

- (2) Determinar a *carga de trabalho* máxima semanal (W), através de entrevista com o técnico.

Obs.: o Quadro 4.3 apresenta valores de W que poderão ser adotados na ausência de dados mais realistas.

- (3) Corrigir as leituras fornecidas pelo monitor levando em conta o fator de calibração para o feixe atenuado e para as condições ambientais de temperatura e pressão.

- (4) Converter os valores obtidos para unidades de *dose externa (mSv)* ou de *taxa de dose externa (mSv/h)*, usando o fator multiplicativo correspondente à unidade de medida do monitor, de acordo com o Quadro 4.1.

Quadro 4.1. Fatores multiplicativos

<i>exposição (mR)</i>	x 0,01	= dose externa (mSv)
<i>dose absorvida no ar (mrad)</i>	x 0,0114	
<i>kerma no ar (mGy)</i>	x 1,14	
<i>equivalente de dose ambiente</i>	x 1	

“dose externa” é uma grandeza operacional criada pela Portaria MS/SVS nº 453/98, nas Disposições Transitórias, para utilização em medidas de monitoração de ambientes de trabalho e de sua circunvizinhança.

- (5) Realizar as seguintes operações para obter os valores em *mSv/mA•min*:

- para medidas efetuadas em modo taxa de dose

$$\text{taxa de dose externa (mSv/h)} / [60 (\text{min/h}) \times I (\text{mA})]$$

- (6) Multiplicar o resultado obtido por $[W (\text{mA}\cdot\text{min}/\text{sem}) \times T]$ para obter a taxa de dose externa em *mSv/sem*; para expressar o valor encontrado em *mSv/ano*, multiplicar o resultado por 50 semanas/ano.

- (7) Registrar o valor encontrado.

Quadro 4.2. Fatores de ocupação (T)

<i>Ocupação</i>	<i>Local</i>	<i>T</i>
integral	consultório, recepção	1
parcial	sala de espera, vestiário, circulação interna	1/4
eventual	circulação externa, banheiros, escadas	1/16
rara	jardins cercados, casa de máquinas	1/32

Quadro 4.3. Exemplos de carga de trabalho semanal máxima (W)

<i>Equipamento</i>	<i>No de pac/ dia</i>	<i>W</i>	<i>W (mA•min/sem)</i>	
		<i>(mA•min/ pac)</i>	100 kVp	125 kVp
Unidade de Fluoroscopia	24	6,25	750	300

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar os valores de dose externa obtidos, com os níveis de *restrição de dose* estabelecidos na Legislação (Quadro 4.4).
- (2) Registrar a conformidade com os níveis de *restrição de dose* em cada ponto avaliado.

Quadro 4.4. Níveis de Restrição de Dose (Portaria MS/SVS nº 453/98)

Localização	Restrição de Dose Semanal	Restrição de Dose Anual
área controlada	0,10 mSv/sem	5,0 mSv/ano
área livre	0,01 mSv/sem	0,5 mSv/ano

4.2. TESTES DE CONTROLE DE QUALIDADE

4.2.1. EXATIDÃO E REPRODUTIBILIDADE DA TENSÃO DO TUBO

Objetivo	Avaliar a exatidão e a reprodutibilidade da tensão de pico do tubo de raios X.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Medidor de kVp, de leitura direta, calibrado. Exatidão de ± 1 kVp, precisão de 0,5 kVp e incerteza inferior a 2%.
- (2) Trena.
- (3) Placas de alumínio ou cobre.
- (4) Nível de bolhas.

METODOLOGIA

A determinação da exatidão e da reprodutibilidade da tensão de pico em equipamentos com fluoroscopia pode ser realizada de dois modos:

Equipamentos com Controle Manual de Exposição

Neste caso, as medidas devem ser realizadas de acordo com a metodologia usada para o teste em equipamentos de raios X convencionais.

Equipamentos com Controle Automático de Exposição

- (1) Colocar o medidor de kVp sobre a mesa diretamente voltado para o feixe e ajustar a distância de acordo com o sugerido no manual do instrumento.
- (2) Ajustar o tamanho do campo de modo a cobrir a área sensível do medidor de kVp.
- (3) Inserir um filtro de alumínio ou cobre, entre o medidor e o intensificador de imagem.

Obs.: nunca colocar o filtro entre o tubo de raios X e o medidor de kVp, pois isso altera o resultado das medidas.

- (4) Fazer quatro exposições e anotar os valores medidos e os valores indicados.
- (5) Repetir o procedimento com diferentes espessuras de atenuador, enquanto a tensão estiver dentro da faixa útil de 70 a 110 kVp.

CÁLCULOS

Exatidão

- Calcular a média das leituras obtidas ($kVp_{médio}$) para cada valor de tensão selecionado.
- Utilizando a equação abaixo, determinar para cada valor de tensão selecionado, o desvio percentual entre os valores nominais e os valores médios:

$$d (\%) = 100 \cdot \frac{kVp_{nom} - kVp_{médio}}{kVp_{nom}}$$

Reprodutibilidade

- Utilizando a relação abaixo, determinar a reprodutibilidade (R) para cada tensão selecionada:

$$R (\%) = 100 \cdot \frac{kV_{m\acute{a}x} - kV_{m\acute{i}n}}{(kV_{m\acute{a}x} + kV_{m\acute{i}n}) / 2}$$

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) *Exatidão*: deve estar dentro de $\pm 10\%$.
- (2) *Reprodutibilidade*: deve ser $\leq 10\%$.

4.2.2. CAMADA SEMI-REDUTORA (CSR)

Objetivo	Verificar a qualidade do feixe de raios X.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Placas de alumínio.
- (3) Filtros de cobre.
- (4) Nível de bolha.

METODOLOGIA

A determinação da camada semi-redutora pode ser realizada de dois modos:

Utilizando Controle Manual de Exposição

Neste caso, o teste deve ser realizado de acordo com a metodologia descrita para equipamentos de raios X convencionais.

Utilizando Controle Automático de Exposição

- (1) Reduzir o campo de raios X a um tamanho suficiente para cobrir o elemento sensível da câmara de ionização.
- (2) Posicionar a câmara de ionização acima da mesa, a pelo menos 30 cm do tubo de raios X.
- (3) Colocar placas de alumínio de 1 mm de espessura, entre a câmara de ionização e o intensificador de imagem, em quantidade suficiente para elevar a tensão do tubo a um valor próximo de 80 kVp.
- (4) Fazer duas exposições e anotar as leituras.
- (5) Retirar um dos filtros de 1 mm de alumínio posicionado entre a câmara de ionização e o intensificador de imagem e colocá-lo entre o tubo de raios X e a câmara de ionização.
- (6) Fazer outra exposição e anotar o resultado.
- (7) Repetir os passos (5) e (6) até obter uma leitura menor que a metade da leitura inicial.
- (8) Colocar novamente todas as placas de alumínio entre a câmara de ionização e o intensificador de imagem, fazer mais duas exposições e anotar as leituras.

CÁLCULOS

- (1) Calcular o valor da CSR utilizando a equação abaixo:

$$CSR = \frac{x_b \ln\left(2 \frac{L_a}{L_0}\right) - x_a \ln\left(2 \frac{L_b}{L_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_a}{L_b}\right)}$$

onde:

- L_0 = média das leituras iniciais de exposição.
- L_a = leitura de exposição imediatamente superior a $L_0/2$.
- L_b = leitura de exposição imediatamente inferior a $L_0/2$.
- x_a = espessura de Al correspondente à leitura L_a .
- x_b = espessura de Al correspondente à leitura L_b .

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar os valores de CSR obtidos com os valores fornecidos pelo Quadro abaixo:

Quadro 4.5. Valores mínimos da CSR em função da fase e tensão do tubo de raios X

Tensão de Pico (kVp)	CSR (mm Al)	
	Monofásico	Trifásico
70	2,1	2,3
80	2,3	2,6
90	2,5	3,0
100	2,7	3,2
110	3,0	3,5
120	3,2	3,9
130	3,5	4,1

Nota: os valores do quadro já apresentam tolerância de 0,1 mmAl.

4.2.3. TEMPO ACUMULADO DE FLUOROSCOPIA

Objetivo	Verificar o acionamento do alarme sonoro após o tempo selecionado.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

METODOLOGIA

Essa verificação pode ser feita durante a realização dos outros testes.

- (1) No início dos testes de controle de qualidade do equipamento, ajustar o indicador de tempo de fluoroscopia no ponto inicial da escala.
- (2) Selecionar um tempo acumulado de 5 minutos.

- (3) Registrar o tempo indicado no equipamento no instante em que o alarme sonoro for acionado.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Verificar se o alarme sonoro foi acionado após o tempo selecionado.
- (2) O tempo acumulado não deve exceder 5 minutos sem que seja reajustado.

4.2.4. TAXA DE KERMA NO AR TÍPICA E TAXA DE KERMA NO AR MÁXIMA NA ENTRADA DA PELE DO PACIENTE

Objetivo	Determinar a taxa de kerma no ar típica e a taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele do paciente.
Frequência mínima	Anual.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Câmara de ionização e eletrômetro.
- (2) Atenuador de alumínio com 5 cm de espessura.
- (3) Placa de chumbo com 0,3 cm de espessura.
- (4) Espaçador com dimensões mínimas de 7,5 cm x 15 cm x 15 cm.
- (5) Trena.

METODOLOGIA

Taxa de kerma no ar típica na entrada da pele

- (1) Usar a mesma configuração geométrica do aparelho, utilizada nos exames típicos.
- (2) Posicionar a câmara sobre a mesa, à distância de 1 cm da superfície, centralizada em relação ao feixe.

- (3) Posicionar o atenuador de alumínio a uma distância de pelo menos 20 cm acima da câmara de ionização, utilizando um suporte apropriado, de forma que a geometria estabelecida simule um paciente durante um exame típico.
- (4) Para equipamentos com o tubo localizado sobre a mesa, inverter a posição do conjunto câmara de ionização - atenuador.
- (5) Ativar o sistema de controle automático de brilho e operar o equipamento em modo clínico típico.
- (6) Fazer uma série de quatro exposições e registrar os valores obtidos.
- (7) Repetir o procedimento para todos os modos de magnificação disponíveis.

Taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele

- (1) Escolher a menor distância entre o tubo de raios X e a mesa, caso esta seja ajustável.
- (2) Colocar a placa de chumbo na entrada do intensificador de imagem.
- (3) Centralizar a câmara de ionização na posição que seria ocupada pela pele do paciente, na região de entrada do feixe.
- (4) Fazer uma série de quatro exposições e registrar os valores obtidos.

Observações:

Com equipamentos do tipo arco-C (arco-cirúrgico):

- Para a medida da taxa de kerma no ar típica, a distância entre o tubo de raios X e o intensificador de imagem deve ser igual a 100 cm e a câmara de ionização deve ser colocada à distância de 30 cm da entrada do intensificador de imagem.
- Para a medida da taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele, a distância entre o tubo de raios X e o intensificador de imagem deve ser a mínima possível e a câmara de ionização deve ser colocada à distância de 30 cm da entrada do intensificador de imagem.

CÁLCULOS

- (1) Calcular a média das leituras obtidas em ambos os modos.

- (2) Calcular a taxa de kerma no ar típica e a taxa de kerma no ar máxima (mGy/min), utilizando a equação abaixo:

$$\dot{K}_{ar} = \dot{E} \cdot 0,0087 \cdot k_{TP} \cdot F_c$$

onde:

- \dot{E} = taxa de exposição média (mR/min).
 k_{TP} = fator de correção para a temperatura e pressão.
 F_c = fator de calibração da câmara para a qualidade do feixe.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) O valor da taxa de kerma no ar típica na entrada da pele, medida sob condições normais de operação, deve servir como linha de base para testes futuros.
- (2) O valor da taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele do paciente, com o controle de alto nível desativado, deve ser $\leq 87,0$ mGy/min.
- (3) O valor da taxa de kerma no ar máxima na entrada da pele, com o controle de alto nível ativado, deve ser $\leq 174,0$ mGy/min.

4.2.5. RESOLUÇÃO ESPACIAL DE ALTO CONTRASTE

Objetivo	Verificar a resolução de alto contraste do sistema fluoroscópico.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Atenuador de alumínio com dimensões aproximadas de 0,1 cm x 15cm x 15cm.
- (2) Dispositivo para teste de resolução de alto contraste.

METODOLOGIA

- (1) Posicionar o atenuador de alumínio sobre a superfície da mesa (ou suporte apropriado), distante da entrada do intensificador de imagem.

Obs: o controle automático de brilho deve ajustar-se para valores baixos de tensão de pico (p.ex.: 50 kVp).

- (2) Posicionar o dispositivo de teste na entrada do intensificador de imagem, orientado a 45° em relação às linhas de varredura do monitor e às linhas da grade.
- (3) Se possível, remover a grade para evitar interferências.
- (4) Ativar o sistema de controle automático de brilho.
- (5) Fazer uma exposição e verificar o limite de resolução, para cada modo possível do intensificador de imagem.

Obs.: Geralmente obtém-se melhor reprodutibilidade dos testes quando feitos com contraste máximo.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar os valores encontrados com os limites recomendados na Quadro 4.6.

Quadro 4.6. Valores típicos de resolução de alto contraste em fluoroscopia.

<i>Diâmetro do Campo do intensificador de imagem (polegadas)</i>	<i>Diâmetro do Campo do intensificador de imagem (cm)</i>	<i>Resolução Típica (lp/mm)</i>
9	23	1,0 a 1,4
6	15	1,4 a 1,9

4.2.6. DISCRIMINAÇÃO DE BAIXO CONTRASTE

Objetivo	Verificar a resolução de baixo contraste do sistema fluoroscópico.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Atenuador de alumínio com dimensões aproximadas de 4 cm x 15 cm x 15 cm.
- (2) Dispositivo para teste de resolução de baixo contraste.

METODOLOGIA

- (1) Posicionar o atenuador de alumínio sobre a superfície da mesa (ou suporte apropriado), a 30 cm da entrada do intensificador de imagem, aproximadamente.
- (2) Posicionar o dispositivo de teste junto ao atenuador de alumínio, na direção do intensificador de imagem.
- (3) Assegurar-se de que a grade esteja posicionada.
- (4) Fazer uma exposição para cada modo possível do intensificador de imagem.
- (5) Verificar e anotar o menor diâmetro de orifício visualizado.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar os valores encontrados com os limites recomendados no Quadro 4.7.

Quadro 4.7. Valores típicos de discriminação de baixo contraste em fluoroscopia.

Tamanho do Campo do intensificador de imagem (polegadas)	Tamanho do Campo do intensificador de imagem (cm)	Menor Diâmetro Visualizado (mm)
9 a 10	23 a 25	3,0
6 a 7	15 a 18	1,5

4.2.7. COLIMAÇÃO DO FEIXE DE RAIOS X

Objetivo	Verificar a limitação do feixe ao intensificador de imagem. Avaliar os desvios entre o campo visualizado no intensificador de imagem e o campo de radiação.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Atenuador de alumínio com dimensões aproximadas de 0,1 cm x 15 cm x 15 cm.
- (2) Régua de chumbo.
- (3) Chassi.
- (4) Filme radiográfico.
- (5) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Posicionar a placa de alumínio na entrada do intensificador de imagem.
- (2) Ajustar o sistema de modo a obter a maior abertura de colimador.
- (3) Fazer uma exposição e verificar se as bordas do colimador mantêm-se visíveis na imagem.
- (4) Se as bordas do colimador não ultrapassarem a região da imagem, passar diretamente para o passo (8).
- (5) Se as bordas do colimador ultrapassarem a região da imagem, centralizar a régua de chumbo sobre a superfície da mesa, à meia distância entre a fonte e o intensificador de imagem.
- (6) Fazer uma exposição e registrar as dimensões visualizadas da régua.
- (7) Posicionar um chassi com um filme radiográfico junto à régua de chumbo, na direção do intensificador de imagem.
- (8) Fazer uma exposição e revelar o filme.

Obs.: O procedimento deve ser realizado para os eixos ortogonais.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Comparar as dimensões da régua visualizadas no intensificador de imagem e no filme radiográfico.

- (1) A diferença entre as dimensões do campo de raios X e de sua imagem deve ser $< 3\%$ da distância fonte-receptor de imagem, nos eixos ortogonais.
- (2) A soma dos módulos dessas diferenças deve ser $< 4\%$ da distância fonte-receptor de imagem.

4.2.8. AJUSTE AUTOMÁTICO DA ABERTURA DO COLIMADOR

Objetivo	Verificar se a abertura do colimador ajusta-se de modo automático e adequado à variação da distância do ponto focal à entrada do intensificador de imagem.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Atenuador de alumínio com dimensões aproximadas de 4 cm x 15 cm x 15 cm.

METODOLOGIA

- (1) Posicionar o atenuador de alumínio sobre a superfície da mesa.
- (2) Posicionar o intensificador de imagem na menor distância fonte – intensificador de imagem possível.
- (3) Ajustar o colimador para a maior abertura possível.
- (4) Ativar a fluoroscopia e variar a distância fonte – intensificador de imagem.
- (5) Observar se as bordas do colimador são visíveis nas bordas da imagem, para as diferentes distâncias fonte - intensificador de imagem.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) As bordas do colimador devem ser visíveis nas bordas da imagem, para qualquer distância fonte – intensificador de imagem.

4.2.9. PONTO FOCAL

Objetivo	Avaliar as dimensões do ponto focal.
Frequência mínima	Anual.

INSTRUMENTAL

- (1) Padrão fenda com abertura de $10 \mu\text{m}^*$.
- (2) Chassi.
- (3) Filmes radiográficos, de preferência com emulsão única (p.ex.: filme mamográfico com chassi mamográfico).
- (4) Nível de bolha.
- (5) Lente de aumento de pelo menos oito vezes.

METODOLOGIA

- (1) Posicionar o padrão fenda sobre a superfície da mesa, centralizado em relação ao feixe.
- (2) Posicionar o intensificador de imagem na maior distância padrão fenda – intensificador de imagem possível e registrar essa distância.
- (3) Fixar o chassi na entrada do intensificador de imagem.
- (4) Fazer uma exposição para cada um dos eixos do ponto focal.
- (5) Revelar o filme.

* Podem ser usados outros dispositivos de testes seguindo a metodologia específica.

CÁLCULOS

(1) Determinar o fator de magnificação (m), utilizando a equação abaixo:

$$m = \frac{d_{fi}}{d_{ff}}$$

onde:

d_{fi} = distância do padrão fenda ao plano da imagem.

d_{ff} = distância do ponto focal ao padrão fenda.

(2) As dimensões do ponto focal (a) são dadas por:

$$a = \frac{[I - s(m + 1)]}{m}$$

onde:

I = dimensões medidas da imagem (largura ou comprimento).

m = fator de magnificação.

s = largura da abertura da fenda.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

(2) Os valores encontrados para os pontos focais devem estar dentro dos limites recomendados pela *NEMA* (National Electrical Manufacturers Association):

Quadro 4.8. Tamanhos de ponto focal recomendadas pela NEMA

Tamanho nominal do Ponto Focal	Máximas dimensões recomendadas	
	Largura (mm)	Comprimento (mm)
0,10	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,20	0,30	0,30
0,30	0,45	0,65
0,40	0,60	0,85
0,50	0,75	1,10
0,60	0,90	1,30
0,70	1,10	1,50
0,80	1,20	1,60
0,90	1,30	1,80
1,0	1,40	2,00
1,1	1,50	2,20
1,2	1,70	2,40
1,3	1,80	2,60
1,4	1,90	2,80
1,5	2,00	3,00
1,6	2,10	3,10
1,7	2,20	3,20
1,8	2,30	3,30
1,9	2,40	3,50
2,0	2,60	3,70

5. PROCEDIMENTOS PARA TOMÓGRAFOS COMPUTADORIZADOS

5.1. LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO

Objetivo	Verificar se os níveis de dose equivalente a que estão expostos trabalhadores e indivíduos do público estão de acordo com as restrições estabelecidas na legislação.
Frequência mínima	Na instalação do equipamento e a cada quatro anos.
Excepcionalmente	Após reformas estruturais, modificações no equipamento ou alteração do leiaute da sala.

INSTRUMENTAL

- (1) Monitor de área com tempo de resposta adequado e devidamente calibrado.
- (2) Objeto espalhador (água ou acrílico) com dimensões aproximadas às do abdômen de um adulto típico.
- (3) Trena.

METODOLOGIA

Croqui da sala

- (1) Desenhar a sala de raios X, identificando as áreas adjacentes e anotando suas dimensões ou definindo escala apropriada.
- (2) Representar e identificar no croqui: *gantry*, o painel de comando, o visor, as portas, as janelas e a mesa de exames.
- (3) Selecionar e identificar os pontos de interesse para as medições, situados dentro e fora da sala. Registrar os pontos selecionados.

Parâmetros de operação

- (4) Selecionar a maior tensão do tubo (kVp) adotada nos exames de rotina. Registrar o valor selecionado.
- (5) Selecionar uma técnica de exposição com o maior produto corrente-tempo disponível entre os protocolos de exame utilizados, de modo que o tempo de exposição (t) e a corrente anódica (I) sejam adequados ao tipo de monitor e modo de detecção utilizados. Registrar os valores selecionados.
- (6) Selecionar a maior espessura de corte permitida.

Barreiras secundárias - radiação espalhada e de fuga

- (7) Posicionar o objeto espalhador sobre a mesa de exames e no isocentro do gantry.
- (8) Posicionar o monitor no primeiro ponto de medida atrás da barreira secundária.
- (9) Realizar um corte tomográfico com os parâmetros pré-selecionados e incremento da mesa igual a zero. Repetir a medição nos demais pontos de interesse. Registrar as medidas.
- (10) Repetir os itens (8) e (9) para as demais barreiras secundárias.

CÁLCULOS

- (1) Definir os *fatores de ocupação* (T) a partir da estimativa da fração de permanência do indivíduo que fica maior tempo na área em questão, ao longo do ano.

Obs: o Quadro 5.2 apresenta valores de (T) que poderão ser adotados na ausência de valores mais realistas.

- (2) Determinar a *carga de trabalho* máxima semanal (W) por meio de entrevista com o técnico, a partir do número aproximado de pacientes por dia (ou por semana) e dos parâmetros operacionais mais utilizados.

Obs.: o Quadro 5.3 apresenta valores de W que poderão ser adotados na ausência de valores mais realistas.

- (3) Corrigir as leituras do monitor para tempo de resposta, fator de calibração para feixe atenuado e para as condições ambientais de temperatura e pressão.
- (4) Converter os valores obtidos para unidades de *dose externa* (mSv) ou de *taxa de dose externa* (mSv/h), usando o fator multiplicativo correspondente à unidade de medida do monitor, de acordo com o Quadro 5.1.

Quadro 5.1. Fatores multiplicativos

<i>exposição (mR)</i>	x 0,01	= dose externa (mSv)
<i>dose absorvida no ar (mrad)</i>	x 0,0114	
<i>kerma no ar (mGy)</i>	x 1,14	
<i>equivalente de dose ambiente (mSv)</i>	x 1	

“dose externa” é uma grandeza operacional criada pela Portaria MS/SVS nº 453/98, nas Disposições Transitórias, para utilização em medidas de monitoração de ambientes de trabalho e de sua circunvizinhança.

(5) Realizar as seguintes operações para obter os valores em $mSv/mA \cdot min$:

- para medidas efetuadas em modo taxa de dose

$$\text{taxa de dose externa (mSv/h)} / [60 (\text{min/h}) \times I (\text{mA})]$$

- para medidas efetuadas em modo de dose integrada

$$\text{dose externa (mSv)} \times 60 (\text{s/min}) / [I \times t] (\text{mAs})$$

(6) Multiplicar o resultado obtido por $[W (\text{mA} \cdot \text{min}/\text{sem}) \times T]$ para obter a taxa de dose externa em mSv/sem ; para expressar o valor encontrado em mSv/ano , multiplicar o resultado por 50 semanas/ano.

(7) Registrar o valor encontrado.

Quadro 5.2. Fatores de ocupação (T)

Ocupação	Local	T
integral	consultório, recepção	1
parcial	sala de espera, vestiário, circulação interna	1/4
eventual	circulação externa, banheiros, escadas	1/16
rara	jardins cercados, casa de máquinas	1/32

Quadro 5.3. Exemplos de Carga de Trabalho semanal máxima (W)

Equipamento	No de pac/ dia	W ($\text{mA} \cdot \text{min}/\text{pac}$)	W ($\text{mA} \cdot \text{min}/\text{sem}$)
			125 kVp
Tomógrafo	20	200	20000

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Comparar os valores de dose externa obtidos com os níveis de *restrição de dose* estabelecidos na Legislação (Quadro 5.4).
- (2) Registrar a conformidade com os níveis de *restrição de dose*, em cada ponto avaliado.

Quadro 5.4. Níveis de Restrição de Dose (Portaria MS/SVS nº 453/98)

<i>Localização</i>	<i>Restrição de Dose Semanal</i>	<i>Restrição de Dose Anual</i>
área controlada	0,10 mSv/sem	5,0 mSv/ano
área livre	0,01 mSv/sem	0,5 mSv/ano

5.2. TESTES DE CONTROLE DE QUALIDADE

5.2.1. SISTEMA DE COLIMAÇÃO

Objetivo	Avaliar a coincidência dos indicadores luminosos interno e externos e do indicador luminoso interno, com o feixe de radiação.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após de reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Filme dentro de envelope opaco.
- (2) Suporte retangular plano.
- (3) Agulha ou outro objeto perfurante.
- (4) Fita crepe.
- (5) Trena.
- (6) Régua.

METODOLOGIA

- (1) Fixar o envelope no suporte.
- (2) Traçar uma reta sobre o envelope.
- (3) Colocar o suporte horizontalmente sobre a mesa.
- (4) Posicionar o suporte de maneira que a reta coincida com o indicador luminoso externo. Indicar essa posição como *posição zero*.
- (5) Acionar o comando de movimento automático da mesa para que a mesma se desloque para a posição de exame.
- (6) Ligar o indicador luminoso interno.
- (7) Medir a distância entre a posição marcada pelo indicador luminoso interno e a reta.
- (8) Registrar o valor medido.
- (9) Se necessário, ajustar a posição do filme de maneira que a reta coincida com o indicador luminoso interno.
- (10) Fazer uma exposição utilizando a menor espessura de corte disponível.
- (11) Marcar a posição da reta no filme, com perfurações ao longo da reta traçada no envelope.
- (12) Após processar filme, medir as distâncias entre os orifícios e a linha do campo de radiação.
- (13) Registrar o maior valor medido.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Verificar se a distância entre a reta de referência e a reta marcada pelo indicador luminoso é $\leq 2,0$ mm.
- (2) Verificar se a distância entre os orifícios do filme e a linha de densidade (feixe de radiação) é ≤ 2 mm.

5.2.2. ALINHAMENTO DA MESA EM RELAÇÃO AO “GANTRY”

Objetivo	Verificar se o eixo longitudinal da mesa coincide com o plano vertical que passa pelo isocentro e com o indicador luminoso sagital.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após de reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Fita crepe.
- (2) Trena.
- (3) Régua.
- (4) Prumo (opcional).

METODOLOGIA

- (1) Fixar uma tira longa de fita crepe sobre a linha média longitudinal da mesa.
- (2) Traçar sobre a fita crepe uma reta coincidente com a linha média longitudinal da mesa.
- (3) Fixar horizontalmente uma tira de fita crepe no centro da abertura do *gantry*.
- (4) Marcar nessa fita a posição central da abertura (utilizar o prumo, se preferir).
- (5) Levantar a mesa até o nível da fita.
- (6) Mantendo o *gantry* com inclinação zero, deslocar a mesa para dentro do *gantry*.
- (7) Marcar na fita fixada à mesa a posição do centro da abertura do *gantry* e a posição do indicador luminoso sagital.
- (8) Deslocar a mesa longitudinalmente e marcar a fita como no item (7).
- (9) Repetir o item (8) em diferentes pontos, cobrindo o deslocamento total da mesa.
- (10) Medir as distâncias entre as marcas e a linha média da mesa, anotando os valores na própria fita.
- (11) Registrar a distância máxima obtida.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Verificar se a distância máxima entre a indicação do centro do *gantry* e do indicador luminoso sagital em relação à linha média da mesa é ≤ 5 mm.
- (2) Registrar o valor obtido.

5.2.3. DESLOCAMENTO LONGITUDINAL DA MESA

Objetivo	Determinar a exatidão do deslocamento longitudinal da mesa.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após de reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Agulha.
- (2) Fita crepe.
- (3) Régua com comprimento de pelo menos 1 m.

METODOLOGIA

- (1) Fixar a régua na lateral da superfície flutuante da mesa.
- (2) Fixar a agulha na base fixa da mesa, com a ponta voltada para a superfície na posição correspondente a 50 cm na régua. Indicar essa posição como *posição zero* no *gantry*.
- (3) Colocar sobre a mesa um objeto com massa de aproximadamente 70 kg.
- (4) Observando a indicação no *gantry*, deslocar a mesa 30 cm em uma das direções.
- (5) Registrar o valor indicado na régua pela agulha.
- (6) Voltar a mesa na posição correspondente a 50 cm, indicada pela agulha. Se necessário, zerar o *gantry* novamente.
- (7) Observando a indicação no *gantry*, deslocar a mesa 30 cm na direção oposta à utilizada no item (4).
- (8) Registrar o valor indicado na régua pela agulha.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Verificar, para cada uma das direções, se a diferença entre as distâncias percorridas e as indicadas no *gantry* encontram-se dentro de ± 2 mm.

5.2.4. INCLINAÇÃO DO “GANTRY”

Objetivo	Determinar a exatidão dos indicadores de deslocamento angular.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após de reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Transferidor.
- (2) Fita crepe.
- (3) Filme dentro de envelope opaco.
- (4) Suporte retangular plano.
- (5) Trena.

METODOLOGIA

- (1) Fixar o envelope sobre o suporte.
- (2) Fixar o suporte sobre a mesa, de forma que o envelope, na posição vertical, fique alinhado com o eixo longitudinal da mesa.
- (3) Deslocar a mesa para o centro do *gantry*.
- (4) Centralizar o envelope com o auxílio dos indicadores luminosos do *gantry*.
- (5) Ajustar a posição do *gantry* para o ângulo de *inclinação zero*.
- (6) Anotar o valor do ângulo de inclinação indicado no comando.
- (7) Expor o filme, usando a menor espessura de corte disponível e escolhendo a técnica adequada ao filme utilizado.

- (8) Inclinar o *gantry* para o ângulo máximo disponível, no sentido positivo.
- (9) Registrar o valor desse ângulo e repetir os itens (6) e (7).
- (10) Inclinar o *gantry* para o ângulo máximo disponível, no sentido negativo.
- (11) Registrar o valor desse ângulo e repetir os itens (6) e (7).
- (12) Processar o filme.
- (13) Medir os ângulos formados entre as imagens das linhas no filme e a *posição zero*.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Verificar se o desvio entre o ângulo medido e o ângulo nominal encontra-se dentro de $\pm 3^\circ$. As indicações de ângulo no comando e no *gantry* devem ser exatamente iguais.

5.2.5. RUÍDO, EXATIDÃO E UNIFORMIDADE DE NÚMERO DE CT

Objetivo	Avaliar o nível de ruído, a uniformidade e a exatidão do valor médio do número CT.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após de reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Cilindro de acrílico preenchido com água, com diâmetro de pelo menos 20 cm.

METODOLOGIA

- (1) Alinhar o cilindro de acrílico no centro do *gantry*, se possível sem a presença da mesa no feixe.
- (2) Efetuar um corte utilizando parâmetros típicos para exame de abdômen.
- (3) Registrar o valor médio do número de CT e o desvio padrão para uma região de interesse (ROI) de aproximadamente 500 mm², na zona central da imagem.

- (4) Selecionar quatro ROI's na periferia da imagem (posições correspondentes a 3, 6, 9 e 12 horas, a pelo menos 1,0 cm de distância da borda).
- (5) Registrar os valores médios dos números de CT para cada uma das ROI's.
- (6) Repetir os procedimentos de (1) a (4), utilizando parâmetros típicos para exame de cabeça.
- (7) Retirar o cilindro e efetuar um corte no ar, utilizando os parâmetros típicos para exames de abdômen e cabeça.
- (8) Registrar o valor médio do número de CT para uma ROI de aproximadamente 500 mm², na zona central da imagem.

CÁLCULOS

Ruído

- (1) Calcular o ruído (N), usando a expressão:

$$N = \frac{\sigma_{ROI}}{1000} \times 100$$

onde:

1000 = é a diferença entre os valores nominais de números CT para água e ar*.
 σ_{ROI} = desvio padrão dos números de CT na ROI da região central.

Exatidão do número de CT

- (1) Calcular a diferença entre o valor medido e o valor nominal do número de CT (ΔCT), para a água e para o ar:

$$\Delta CT = CT_{central} - CT_{nom}$$

onde:

$CT_{central}$ = valor médio do número de CT na ROI central.
 CT_{nom} = 0 (zero) para a água.
 CT_{nom} = 1000 para o ar.

* Normalmente, a diferença entre os números CT para água e ar é 1000; entretanto, em certos casos, particularmente com o uso de algoritmos de alta resolução espacial, esta diferença pode ser reduzida

Uniformidade do número de CT

(1) Calcular a uniformidade do número CT (U) dada por:

$$U = CT_{per} - CT_{central}$$

onde:

$CT_{central}$ = valor médio do número de CT na ROI central.

CT_{per} = valor médio do número de CT de cada uma das ROI's na periferia do dispositivo de testes.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Ruído

- (1) Em caso de ensaio de aceitação ou levantamento de informações para linha de base, verificar se o valor do ruído é menor ou igual ao valor especificado pelo fabricante.
- (2) Em caso de teste de constância, verificar se sua variação em relação à linha de base está dentro de $\pm 10\%$ ou 0,2 HU, o que for maior.

Exatidão do número CT

- (1) Verificar se a diferença entre o valor médio do número de CT na ROI central e o valor nominal encontra-se dentro de ± 5 HU.

Uniformidade do número de CT

- (1) Em caso de ensaio de aceitação ou levantamento de informações para linha de base, verificar se a uniformidade do número de CT encontra-se dentro de ± 5 HU.
- (2) Em caso de teste de constância, verificar se o desvio em relação ao valor de referência está dentro de ± 2 HU.

5.2.6. RESOLUÇÃO ESPACIAL DE ALTO CONTRASTE

Objetivo	Determinar a resolução de alto contraste sob diferentes condições.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após de reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Dispositivo de teste para avaliação de resolução espacial (padrão de barras ou de orifícios).

METODOLOGIA

- (1) Centralizar e alinhar o dispositivo de teste no eixo de rotação do *gantry*.
- (2) Fazer uma aquisição com parâmetros típicos para exame de cabeça.
- (3) Registrar os parâmetros utilizados.
- (4) Ajustar os parâmetros de imagem, de forma a visualizar o maior número possível de estruturas.
- (5) Registrar os parâmetros de imagem selecionados.
- (6) Identificar e registrar o menor grupo de estruturas visualizadas na imagem.
- (7) Repetir o procedimento para técnica típica de abdômen.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Padrões de barras

- (1) Determinar a maior frequência de pares de linhas que pode ser identificada nas imagens.
- (2) Registrar o valor encontrado para comparação com os resultados de testes futuros.

Padrão de orifícios

- (1) Determinar o diâmetro dos menores orifícios que podem ser identificados individualmente.
- (2) Registrar o valor encontrado para comparação com os resultados de testes futuros.

Obs.: Em caso de teste de aceitação, devem ser reproduzidas as condições de aquisição e de visualização de imagens estabelecidas pelo fabricante. Os resultados devem ser comparados com as especificações técnicas do aparelho.

5.2.7. ESPESSURA DE CORTE

Objetivo	Determinar a espessura do corte tomográfico.
Frequência mínima	Semestral.
Excepcionalmente	Após de reparos.

INSTRUMENTAL

- (1) Dispositivo de teste com rampa inclinada em 45°.
- (2) Lente graduada (opcional).

METODOLOGIA

- (1) Alinhar o dispositivo de teste de maneira que seu eixo coincida com o eixo de rotação do equipamento.
- (2) Selecionar uma espessura de corte típica e fazer uma aquisição utilizando técnica de baixo ruído.
- (3) Registrar os parâmetros selecionados.
- (4) Ampliar a imagem, de forma a evidenciar a região com a imagem da rampa.
- (5) Identificar o nível de janela, de forma que a imagem da rampa corresponda à largura da meia altura do perfil de sensibilidade da imagem.
- (6) Estabelecer a largura da imagem da rampa, utilizando o recurso de medida de distância disponível no equipamento.

Obs.: se esse tipo de recurso não for disponível no equipamento testado, imprimir a imagem e medir a largura da imagem da rampa com a lente graduada, realizando as correções geométricas necessárias.

- (7) Registrar o valor encontrado.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) A diferença entre a espessura da imagem da rampa e a espessura nominal selecionada deve estar dentro de:
 - ± 1 mm para espessuras nominais maiores que 2 mm;
 - $\pm 50\%$ da espessura nominal para espessuras nominais menores ou iguais a 2 mm.

5.2.8. DOSE MÉDIA EM CORTES MÚLTIPLOS (MSAD)

Objetivo	Determinar as doses absorvidas representativas dos procedimentos clínicos em pacientes adultos típicos.
Frequência mínima	Bienal.
Excepcionalmente	Após reparos ou mudança de procedimentos.

INSTRUMENTAL

- (1) Dispositivos de teste para dosimetria em *CT*, em acrílico, com diâmetros representativos de cabeça (16 cm) e de corpo (32 cm).
- (2) Câmara de ionização tipo lápis e eletrômetro*.

METODOLOGIA

- (1) Alinhar o dispositivo de cabeça no eixo de rotação do *gantry*.
- (2) Posicionar a câmara de ionização no centro do dispositivo de teste e alinhar o centro da mesma com auxílio do indicador luminoso interno do *gantry*.
- (3) Selecionar parâmetros típicos para exame de cabeça.
- (4) Realizar um corte no centro do volume sensível da câmara.
- (5) Registrar a leitura.

* Para esta medição podem ser usados dosímetros termoluminescentes, utilizando metodologia adequada.

- (6) Repetir os itens de (1) a (5) com o dispositivo de teste para corpo, selecionando parâmetros típicos para exames de coluna e de abdômen.

CÁLCULOS

- (1) Índice de Dose para Tomografia Computadorizada (CTDI), no meio, é dado por:

$$CTDI = \frac{R \times N_k \times f_c}{n} \times \left(\frac{L}{T} \right)$$

onde:

R = leitura em unidades de kerma no ar.

N_k = fator de calibração da câmara em unidades de kerma, na qualidade de feixe apropriada.

f_c = fator de conversão de kerma no ar para dose absorvida no meio (acrílico).

n = número de cortes tomográficos para cada varredura do sistema.

L = comprimento ativo da câmara.

T = espessura nominal do corte tomográfico.

- (2) O valor do MSAD é dado por:

$$MSAD = \left(\frac{T}{I} \right) CTDI$$

onde:

I = incremento entre cortes consecutivos.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- (1) Os resultados obtidos deverão ser comparados com os níveis de referência do Quadro 5.5.

Quadro 5.5. Níveis de referência de radiodiagnóstico em CT para paciente adulto típico

Exame	Dose média em cortes múltiplos (mGy)
Cabeça	50
Coluna lombar	35
Abdômen	25

BIBLIOGRAFIA

- 1 AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. **Equipment requirements and quality control for mammography**. New York: American Institute of Physics, Report nº 29, 1990.
- 2 AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY. **Mammography quality control manual**. New York, 1999.
- 3 BRITISH INSTITUTE OF RADIOLOGY. **Assurance of quality in the diagnostic X-ray department**. London, 1988. QA working group of the diagnostic Methods Committee of the BIR.
- 4 DANCE, R. D. **Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose**. Phys. Med. Biol. [S. I.], n. 35, p. 1211-1219, 1990.
- 5 DANCE, R.D.; SKINNER, C.L.; YOUNG, K.C.; BECKETT, J.R.; KOTRE, C.J. **Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using UK mammography dosimetry protocol**. Phys. Med. Biol. n. 45, p. 3225-3240, 2000.
- 6 EUROPEAN UNION. EUR 16263: **European Protocol on Dosimetry in Mammography**. CEC-Report, 1996.
- 7 EUROPEAN UNION. **European Guidelines for Quality Assurance in Mammography Screening**. Europe Against Cancer. 3rd ed. [S.I.], 2001.
- 8 GRAY, J.E. **Mammographic quality control for the technologists and the medical physicist as consultant to the technologists, in syllabus: a categorical course in physics technical aspects of breast imaging**. Radiological Society of North America. [S.I.], p. 131-160. 1992. CD-ROM AG Haus and M] Yaffe.
- 9 HAUS, A.G.; JASKULSKI S.M. **The Basics of Film Processing in Medical Imaging**. Medical Physics Publishing. [S.I.]: Madison Wisconsin, 1997.
- 10 IAEA/ARCAL XLIX. **Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico - Implementación de las normas básicas de seguridad internacionales en las practicas medicas**. 2201, Documento de trabajo 07 dic.
- 11 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Evaluation and routine testing in medical imaging departments – Part 2-1: Constancy Tests – Film processors**. Geneva: IEC, 1993a. Publication IEC 61223-2-1.

- 12 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Evaluation and routine testing in medical imaging departments – Part 2-2: Constancy Tests – Radiographic cassettes and film changers – Film-screen contact and relative sensitivity of the screen-cassette assembly.** Geneva: IEC, 1993b. Publication IEC 61223-2-2.
- 13 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources.** Vienna: Interim edition. Safety Series n° 115-1, 1994.
- 14 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Evaluation and routine testing in medical imaging departments – Part 3-2: Acceptance Tests – Imaging performance of mammographic X-ray equipment.** Geneva: IEC, 1996. Publication IEC 61223-3-2. Disponible Versión Oficial en Español.
- 15 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Medical electrical equipment – Part 2-4: Particular requirements for the safety of mammographic X-ray equipment and mammographic stereotactic devices.** [S.I.], 1998a. Publication IEC 60601-2. Disponible Versión Oficial en Español.
- 16 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Medical electrical equipment – Part 2-45: Particular requirements for the safety of mammographic X-ray equipment and mammographic stereotactic devices.** Geneva: IEC, 1998b. Publication IEC 60601-2-45.
- 17 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Determination of the permanent filtration of X-ray tube assemblies.** Geneva: IEC, 1999a. Publication IEC 60522.
- 18 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Evaluation and routine testing in medical imaging departments – Part 2-10: Constancy tests – X-ray equipment for mammography.** Geneva: IEC, 1999b. Publication IEC 61223-2-10.
- 19 MOORES, B.M.; HENSAW, E.T., WATKINSON, S.A.; PEARCY, B.J. **Practical guide to quality assurance in medical imaging.** London: John Wiley & Sons, 1987.
- 20 NATIONAL COUNCIL OF RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. **Mammography – a user's guide.** [S.I.], Report n° 85, 1986.
- 21 NATIONAL COUNCIL OF RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. **Quality assurance for diagnostic imaging equipment.** Bethesda, MD: NCRP, Report n° 99, 1988.
- 22 OMS/OPS. **Garantía de Calidad en Radiodiagnóstico.** Ginebra, 1984. Public. Científica n° 469.
- 23 ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. **Normas básicas de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación.** Viena, 1997. Colección Seguridad n° 115

- 24 ROSENSTEIN, M; ANDRESEN, L.W.; WARNER. **Handbook of glandular tissue doses in mammography**. Rockville, MD, USA: CDRH,1985. HHS Publication FDA85-8239.
- 25 SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA; SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. **Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico: aspectos técnicos**. Madrid: Edicomplet, 1996.
- 26 WAGNER L.K.; ARCHER B.R.; CERRA F. **On the measurement of half-value layer in film screen mammography**. Med. Phys. n. 17, p. 989-997, 1990.
- 27 WU, X.; BARNES, G.T.; TUCKER, D.M. **Spectral dependence of glandular tissue dose in screen-film mammography**. Radiology. n. 179, p. 143-148, 1991.
- 28 WU, X; GINGOLD, E.L.; BARNES, G.T.; TUCKER, D.M. **Normalized average glandular dose in molybdenum target-rhodium filter and rhodium target-rhodium filter mammography**. Radiology. n. 193, p. 83-89, 1991.
- 29 YOUNG, K.C.; WALLIS, M.G.; BLANKS, R.G.; MOSS, S.M. **Influence of number of views and mammographic film density on the detection of invasive cancers: results from the NHS Brest Screening Program**. Br. J. Radiol. n. 70, p. 482-488, 1997.

Editora Anvisa

Endereço: SEPN 515 Bloco B Ed. Ômega
70.770-502 Brasília-DF
E-mail: editora.comin@anvisa.gov.br

www.anvisa.gov.br
Telefone: (61) 3448 1000

Brasília, dezembro de 2005.

