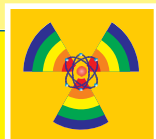


PROTEÇÃO RADIOLÓGICA - II

**Biomédico
Técnico/Tecnólogo
em Radiologia**



FÍSICA DA SAÚDE



ASPR

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Protegendo Vidas

MÓDULO - III



PROTEÇÃO RADIOLÓGICA – II

“Física da Saúde”



ASPR
ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Protegendo Vidas

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45.603 - 194 - Itabuna/Bahia
Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: aspronline@hotmail.com
 www.aspronline.wix.com/aspronline ;  www.facebook.com/asprcq 

Milton C. Maciel
Físico em Medicina – ABFM nº 0664
Supervisor em Proteção Radiológica – CNEN RT 050
Supervisor de Proteção Radiológica – CNEN FM - 0138
Coordenador do Dpto. de Física Médica da SCMI/CRI - Radioterapia
Assessor Técnico do Serviço de Radiodiagnóstico da SCMI





ÍNDICE

Prefácio	i
CAPÍTULO – 1 “UMA REVISÃO DA PROTEÇÃO RADIOLÓGICA”	
1 - Introdução.....	01
2 - Limitação de Dose: uma breve história.....	01
3 - Categorias de indivíduos expostos.....	02
4 - Dose limite recomendado: ICRP.....	03
5 - Dose limite recomendado: NCRP.....	03
6 - Dose limite recomendado: RPB – Saúde Canadá.....	04
7 - Tendências da exposição ocupacional.....	05
8 - Tão baixo quanto razoavelmente exequível (ALARA).....	07
9 - Imagens de ressonância magnética: Limite de exposição.....	07
CAPITULO – 2 “FATORES QUE AFETAM A DOSE EM IMAGEM COM RAIOS - X”	
1 - Introdução.....	11
2 - Componente do Sistema de Exposição que afetam a dose.....	11
3 - Fatores clínicos.....	13
4 - Fatores na radiografia.....	14
5 - Fatores na fluoroscopia.....	24
6 - Fatores na tomografia computadorizada.....	29
7 - Fatores na mamografia.....	30
CAPÍTULO – 3 “MÉTODOS DE REDUÇÃO DE DOSE: Guias e Recomendações”	
1 - Introdução.....	33
2 - Relatos de radioproteção.....	33
3 - Métodos de redução de dose.....	33
4 - Recomendações sobre modelos de equipamentos e performance.....	35
5 - Recomendações para práticas da equipe.....	39
6 - Recomendações para radiografia na gravidez.....	42
7 - Recomendações para garantia da qualidade.....	44
CAPÍTULO – 4 “BLINDAGEM PROTETORA EM RADIOLOGIA DIAGNÓSTICA”	
1 - Introdução.....	47
2 - Categoria da blindagem protetora.....	47
3 - Barreiras protetoras.....	48
4 - Fatores que afetam a espessura das barreiras.....	50
5 - Materiais para blindagem.....	53
6 - Determinação da espessura da barreira.....	54
7 - Blindagem do tubo do R-X.....	56
8 - Norma de blindagem para área de armazenagem de filmes.....	56
9 - Método Alternativo para modelos de blindagens.....	57





Capítulo - 1

Uma revisão da Proteção Radiológica

Assuntos:

1. Introdução
2. Limitação da Dose: Uma breve história
3. Categorias de exposições individuais
4. Limites de Doses Recomendado: ICRP
5. Limites de Doses Recomendado: NCRP
6. Limites de Dose Recomendado: RPB de Saúde do Canadá
7. Tendências da Exposição Ocupacional
8. ALARA- Tão Baixo quanto razoavelmente exequível
9. IRM: Limite de Exposição



1. Introdução

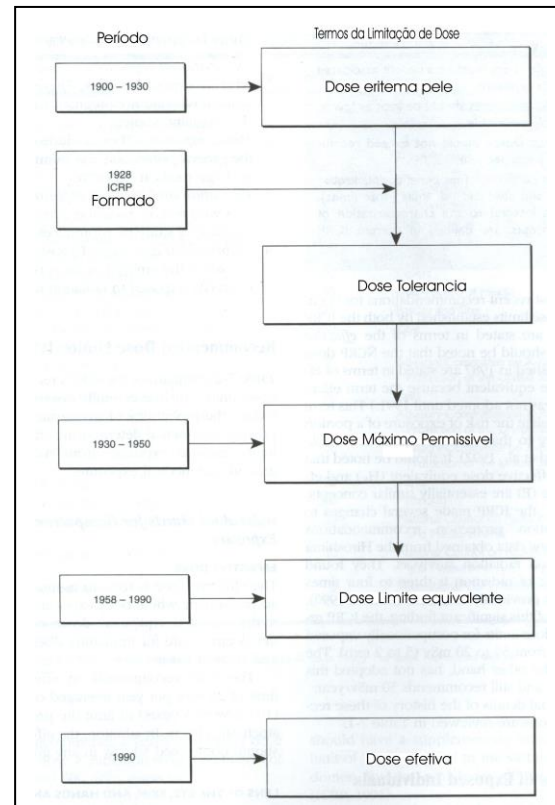
O objetivo da radioproteção é prevenir efeitos determinísticos e diminuir a probabilidade dos efeitos estocásticos. Este objetivo pode ser conseguido aderindo aos três princípios fundamentais da radioproteção, estudados anteriormente, que são o benefício líquido, ALARA, e o limite de dose. Devido o limite de dose continuar a receber muita atenção na literatura, trataremos aqui com mais detalhe.

A primeira ordem de negócios neste capítulo é identificar a categoria de indivíduos para quem o limite de dose deve ser estabelecido e declarar os limites recomendados. Atenção particular é prestada para os limites de dose examinados para ambos os efeitos estocásticos e determinísticos, não somente para indivíduo ocupacionalmente exposto e membros do público, mas também para mulheres grávidas bem como o embrião e feto.

2. Limitação de Dose: Uma breve história

O primeiro sinal de que havia um limite para quanta exposição de radiação um indivíduo pode sustentar sem efeitos de doença surgiu nos anos de 1900. Em que tempo, a limitação de dose foi rotulada por dose eritema pele por Mutscheller e Sievert. Esta foi definida como a dose de radiação forte bastante para produzir um avermelhido na pele 10 a 14 dias após a exposição. A dose eritema pele era pensada ser 6000 mSv (600 rem), e a limitação de dose para indivíduo ocupacionalmente exposto era 600 mSv (60 rem) por ano (Edward, 1991).

Em 1928, o ICRP (Comissão Internacional de Proteção Radiológica) foi formado e estava neste momento que foram introduzidos a base da radioproteção formal. O estabelecimento de dose limite foi uma das primeiras atividades do ICRP naquele tempo. Do período entre 1928 e 1990, vários termos de limitação de dose surgiram (figura seguinte).



Termos de limitação de dose e o período na qual ele foi introduzido. O termo corrente, dose efetiva, foi introduzido pelo o ICRP para relacionar o risco da exposição parcial do corpo para a da exposição equivalente do corpo inteiro

O termo tolerância dose foi usado para descrever um nível aceitável de exposição e parecia sugerir um limiar de dose abaixo do qual nenhum dano da radiação ocorrerá. Depois o termo tolerância dose foi substituído por outros termos, a dose máxima permissível (MPD), uma dose permissível maior que não é esperada resultar em um efeito de radiação significativa (bushong, 1993). Em outras palavras, embora doses abaixo da MPD produzisse nenhuma resposta nem somática e nem genética, doses no nível do MPD seria associado com um risco pequeno. Este risco pequeno é excedido em valor pelo benefício potencial a ser ganho.

O MPD pode ser calculado usando a seguinte formula:



$$\text{MPD} = (\text{N} - 18) \text{ rem}$$

Onde N = idade em anos.

Visto que era prática indivíduos com idade inferior a 18 anos de idade não treinar, a MPD foi computada a ser 5 rem (5000 mrem), ou 50 mSv, considerando estudantes treinando em radiologia. Atualmente, esta regra foi substituída por dose equivalente de 10 mSv x idade em anos (NCRP, 1987).

Em 1977, o ICRP recomendou um novo termo para substituir o MPD. Este era a Dose Limite Equivalente, ou Equivalente Dose (H_E) o qual é uma parte de um sistema mais compreensivo da radioproteção discutido no módulo anterior.

Caixa de revisão

- *Benefício líquido*: Deve haver um benefício associado com cada exposição
- *ALARA*: Todas as exposições devem ser tomadas tão baixas quanto razoavelmente exequível
- *Limite de Dose*: As doses não devem exceder os limites por ano recomendado

O termo *justificação* (benefício líquido), *otimização* (ALARA), e *dose limite e risco* (dose limite) os quais são integrais para a caracterização destes conceitos, são definidos na linguagem atual do ICRP

A recomendação mais recente para dose limite ocupacional definido por ambos o ICRP e o NCRP são afirmados em termos de dose efetiva (E) (deve ser observado que dose limite publicado em 1987 pelo o NCRP foi declarada em termos de dose efetiva equivalente não foi adotado até 1991). Este termo é usado para relacionar o risco da exposição de uma porção do corpo para aquela do corpo inteiro (Zank et al., 1992) Deve ser notado que o termo dose efetivo equivalente (H_E)

e dose efetiva (E) são essencialmente conceitos similares.

Em 1991, o ICRP fez várias mudanças para suas recomendações de radioproteção baseado em novos dados obtidos dos sobreviventes de radiação de Hiroshima e Nagasaki. Ele encontrou que o risco da radiação é três ou quatro vezes maior do que anteriormente estimado (BEIR V, 1990).

Como resultado deste achado significativo, o ICRP reduziu o limite de dose para indivíduo ocupacionalmente exposto de 50 mSv para 20mSv (5 a 2 rem). O NCRP, por outro lado, não adotou este limite por enquanto, e recomendou 50 mSv/ano.

3. Categorias de indivíduos expostos

Dose limite são especificados para exposição de corpo inteiro, exposição de órgãos, e exposição da população geral exposição.

Estes limites aplicam-se para cada um dos seguintes:

1. **Exposição ocupacional**: Indivíduos que estão expostos no trabalho. Estes incluem (a) mulheres que não estão grávidas e homens, e (b) mulher grávida.
2. **Exposição do público**: Este inclui membros da população em geral, excluindo aqueles que estão sob exposição médica.
3. **Exposição de estudantes e professores**: Indivíduos que recebem exposição durante o curso do aprendizado do estudante.
4. **Exposição do embrião – feto**: exposição que ocorrem quando o embrião ou feto está diretamente ou indiretamente exposto a radiação no útero.



4. Dose Limite Recomendado: ICRP

A Tabela seguinte resume as doses limites recomendadas pelo o ICRP, as quais se observadas cuidadosamente, deve reduzir a probabilidade de efeitos estocásticos e prevenir efeitos determinísticos detrimental. Estes limites excluem exposições vindas de radiação de fundo natural e exposições médicas.

Resumo dos Limites de Dose Recomendado pelo ICRP

Aplicação	Limite de Dose (mSv)	
	Ocupacional	Público
Dose efetiva	20 mSv / ano média definida por um período de 5 anos	1 (em 1 ano)
Dose equivalente Anual nas lentes do Olhos	150	15
Pele	500	50
Mão e pés	500	-

Limites Individuais para Exposição Ocupacional

Dose efetiva

A dose efetiva é usada para estimar os riscos que acompanham a exposição de corpo inteiro; isto é, iguala soma de todas as doses equivalentes, ou aqueles valores julgados seguros para irradiação de órgãos discretos e área de tecidos.

O ICRP recomenda uma dose efetiva limite de 20 mSv por ano em uma média de 5 anos (100 mSv em 5 anos) para limitar a probabilidade de efeito estocástico. Em suma, a dose efetiva não deve exceder 50 mSv em qualquer ano.

Lente dos olhos, pele, mãos e pés

Para a prevenção de efeitos determinístico detrimental para a lentes dos olhos (catarata),

pele (avermelhado ou ulceração), e mãos e pés, o ICRP recomenda uma dose equivalente anualmente (dose absorvida x fator peso da radiação) de 150, 500, e 500 mSv, respectivamente.

Limite ocupacional para mulher grávida

Não há nenhuma consideração especial para mulheres em geral. Entretanto, mulheres que estão grávidas deveriam ter um limite de dose equivalente adicional de 2 mSv aplicados a superfície do abdômen dela para o resto da gravidez (ICRP, 1991)

Esta recomendação é pretendida para proteger o feto por reduzir o risco de retardamento mental e talvez leucemia de criança.

Limites Individuais para Membros do Público

Dose efetiva

A dose efetiva limite para membros do público é 1 mSv por ano para limitar a probabilidade de efeito estocástico.

Lente dos olhos e pele

O ICRP recomenda uma dose equivalente anual limite de 15 mSv para as lentes dos olhos e 50 mSv calculado em média sobre qualquer 1 cm² da pele, tal que efeitos determinísticos possam ser prevenidos. Isto é um fator de redução arbitrário de 10.

5. Dose Limite Recomendado: NCRP

De acordo com o ICRP mais recente muda o limite de dose da radiação, o NCRP também revisou seus limites recomendados para efeitos estocásticos e efeitos determinísticos para várias categorias de indivíduos, incluindo indivíduos ocupacionalmente exposto e membros do público.



As novas recomendações são dadas pelo o NCRP (1993) e são mostrados na tabela seguinte.

A exposição acumulativa é governada pela seguinte formula:

Resumo das recomendações dos limites de dose do NCRP

Exposição cumulativa = 10 x idade anos

Exposição ocupacional	
Limite de dose efetiva	
Anual	50 mSv
Cumulativa	10 x idade
Dose equivalente anual limite para tecido órgãos	
Lentes dos olhos	150 mSv
Pele, mãos, e pés	500 mSv
Orientação para exposição ocupacional de emergência	
exposição do publico (anual)	
dose efetiva limite, contínuo ou exposição freqüente	1 mSv
dose efetiva limite, exposição infrequente	5 mSv
equivalente de dose limite para tecido e órgãos	
Lente dos olhos	15 mSv
Pele, mãos, e feto	50 mSv
Ação medicinal para fontes naturais	
Dose efetiva (excluindo radônio)	>5 mSv
Exposição para produto de decaimento de radônio	>7 x 10 ⁻³ .hm ⁻³
Exposição para estagiários (anual)	
Dose efetiva limite	1 mSv
Dose equivalente limite para tecidos E órgãos	
Lente dos olhos	15 mSv
Pele, mãos, e pés	50 mSv
Exposição embrião – feto (mensal)	
Dose equivalente limite	0,5 mSv
Dose individual insignificante (anual)	0,01 mSv

Limites Individuais para Membros do Público

Para limitar a probabilidade de efeitos estocásticos, a dose efetiva equivalente anual limita para exposição freqüente e infrequente são 1 e 5 mSv, respectivamente. Para prevenir efeitos determinísticos detrimental, uma dose efetiva equivalente anual de 5 mSv é recomendada para as lentes dos olhos, e 50 mSv para a pele e extremidades.

A tabela anterior também indica dose equivalente limite em outras situações. Por exemplo, para uma mulher grávida, o NCRP recomenda uma dose limite mensal de 0,5 mSv para a exposição de embrião-feto.

Um outro caso especial relaciona para situações de treino / educação, em qual a dose efetiva equivalente limite é 1 mSv por ano e 15 mSv para as lentes dos olhos. Para a pele e extremidades, esta é 50 mSv por anos.

6. Dose Limite Recomendado: RPB – Saúde Canadá

Limite Individual para Exposição Ocupacional

Para limitar a probabilidade de efeitos estocásticos, a dose efetiva equivalente para indivíduos ocupacionalmente expostos é 50 mSv por ano para exposição de corpo inteiro; e 150 mSv por ano para as lentes dos olhos e 500 mSv por ano para todos os outros órgãos para prevenir efeitos determinísticos.

Agência de Radioproteção (RPB) -Saúde do Canadá também tem recomendações para trabalhadores com radiação, membros do público, e indivíduos que cai para os casos de categoria especial.

Os limites de dose no Canadá estão listados pelo RPB-Saúde Canadá (1992). A dose limite são aquelas que foram originalmente publicadas no ICRPs 1977 publicação n° 26.



Os limites de dose nesse tempo, a dose limite eram as seguintes:

1. A dose equivalente limite (corpo inteiro) de 50 mSv por ano é recomendada para trabalhadores com radiação, que é individualmente exposto ocupacionalmente. Em suma, o limite médio semanal para este grupo é 1 mSv.
2. A dose limite para membros do público é 5 mSv por ano com o limite médio semanal sendo 0,1 mSv.
3. Para as lentes dos olhos, a dose limite é 0,15 Sv por ano e 0,5 Sv por ano para todos os outros tecidos para prevenir efeitos determinísticos detrimental.
4. Para mulheres de capacidade reprodutiva, uma dose equivalente para o abdômen de não > 13 mSv por 13 semanas é recomendado.
5. Para uma mulher grávida, a dose equivalente no abdômen para o resto da gravidez não deve ser > 15 mSv.
6. Para estudantes em treino que são < 18 anos de idade, a dose equivalente não deve exceder 15 mSv por ano.

A revisão deste código está agora em progresso (1993) e refletirá as recentes recomendações do ICRP (1991) com respeito a dose limite (Chaloner, 1993).

7. Tendências da Exposição Ocupacional

Vários estudos tem examinados as doses de radiação ocupacional e tendências (Hendee, 1991, Huda et al., 1991^{a, b}; Kumazawa et al., 1984; NCRP, 1989; Nicklason et al., 1993).

O objetivo desses estudos é normalmente em quatro-dobras:

1. Para verificar se indivíduos ocupacionalmente exposto normalmente excede os limites de dose anual recomendado.
2. Para determinar a efetividade dos programas de radioproteção.
3. Para relacionar a dose para o risco
4. Não só ajudar em regulamentos em desenvolvimento classificando, mas também monitorando os trabalhadores de radiação.

Estudos Anteriores

O NCRP (1989) revisou os dados de vários estudos maiores, tais como estudos de exposições de raios – X de 1964 e 1970 e Levantamentos associados de 1973, e 1980; Dados de experiência de radiação, um estudo feito em 1980 e 1981; Dados de estudo 2 de experiência, conduzido em 1982; e a avaliação mais popular de tendências de radiografias nacionalmente (NEXT). Estes estudos são descritos posteriormente no capítulo posterior. Nesta seção nós reportaremos somente a dose efetiva equivalente limite.

O NCRP (1989) reportou uma dose efetiva equivalente per capita anual para a população dos E.U. vindo de raios – x diagnósticos seriam ~ 0,40 mSv (40 mrem) comparado com 1,3 mSv (130 mrem) para o Japão, e 1,4 mSv (140 mrem) para a URSS.

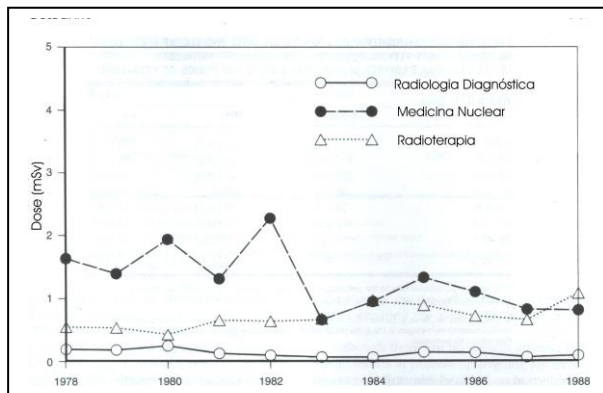
Um outro estudo feito nos Estados Unidos (Kumazawa et al., 1984), o qual levantou indivíduos ocupacionalmente exposto em hospital, clinicas privada, e consultórios odontológicos, reportado uma média de dose equivalente de corpo inteiro de 0,7 mSv (70 mrem) por ano. Este estudo também mostrou 88% dos trabalhadores receberam < 1 mSv (100 mrem) durante o ano com somente < 0,05% cuja dose limite era maior do que o 50 mSv (5 rem) por ano.



Estudos Recentes

Embora nenhum levantamento compreensivo nos E.U. sobre dose efetiva equivalente tenha sido conduzido recentemente, várias investigadores continuam a examinar a dose equivalente ocupacional.

Um estudo interessante é um feito por Huda et al. (1991a), que examinou a dose equivalente ocupacional para corpo inteiro para técnicos radiológicos em Manitoba, Canadá, entre o período de 1978 – 1988, usando dados vindo do registro de dose de radiação do Canadá. A figura seguinte mostra a dose equivalente média para técnicos de radiologia em Manitoba, e a tabela seguinte resume a distribuição de dose equivalente de corpo inteiro entre técnicos de raios – X diagnóstico, e técnicos de radioterapia.



Estes resultados indicam o seguinte:

1. A dose equivalente média anteriores para técnicos em radiologia diagnóstica, medicina nuclear, e radioterapia foi 0,13; 1,30; e 0,70 mSv, respectivamente.
2. Um total de 79% dos técnicos em radiologia diagnosticados, receberam uma dose equivalente abaixo da dose equivalente de corpo inteiro de 0,2 mSv reportado pela Registro nacional de dose baseado sobre quatro leituras de dosímetros para 1 ano.

3. Um total de 13% recebeu uma dose equivalente anual entre 0,2 e 0,5 mSv.
4. Nenhum técnico recebeu uma dose equivalente anual de 50 mSv recomendado.

Distribuição de dose equivalente de corpo inteiro recebido por técnicos de radioterapia, em radiologia diagnóstica no Canadá, Manitoba

Dose equivalente De corpo inteiro (mSv)	R-X	MN	RT
0,0 - 0,19	3771(78,8)	120 (36,1)	270 (45,8)
0,2 - 0,49	622(13,0)	36 (10,8)	84 (14,2)
0,5 - 0,99	277(4,7)	53 (16,0)	78 (13,2)
1,0 - 1,99	105(2,2)	47 (14,2)	95 (16,1)
2,0 - 4,99	56 (1,2)	70 (21,1)	61 (10,3)
5,0 - 29,9	7 (0,1)	6 (1,8)	2 (0,3)
30 - 49,9	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
>500	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)

Um outro estudo por Huda et al. (1991b) examinou a dose ocupacional para técnicos radiologistas entre 1978 e 1988, usando dados vindo do Registro Nacional de Dose. Os pesquisadores reportaram o seguinte:

1. A dose equivalente mínima reportada pelo RPB (Canadá) era 0,2 mSv.
2. A dose equivalente anual média para técnicos de radiologia diagnóstica, técnico de medicina nuclear e técnico de radioterapia variou em torno de 0,2, 1,18, e 1,1 mSv, respectivamente, sobre o período de 11 anos.
3. Nenhum técnico recebeu a dose equivalente recomendada de 50 mSv por ano.
4. A dose equivalente de corpo inteiro ocupacional anual média para técnicos em raios – X para os últimos 3 anos (0,14 mSv em 1986 para 0,12 mSv em 1988). Esta redução pode ter sido atribuída para vários melhoramentos na prática da radioproteção, tal como uma blindagem melhorada e aderência ao princípio ALARA.



Feygelman et al. (1992) conduziu um estudo para investigar a dose equivalente (H_E) para pacientes sob angiografia cerebral. Ele examinou a contribuição de fluoroscopia, filme cortado, e angiografia de subtração digital (ASD) e subseqüentemente comparou a dose com filme simples de angiografia, CT, e medicina nuclear.

O estudo mostrou que H_E média foi 10,6 mSv, com valores variando de 2,7 a 23,4 mSv; Contribuições de fluoroscopia, filme cortado, e ASD para a H_E total foi 67, 26 e 7% respectivamente. A investigação concluiu que pacientes sob angiografia diagnóstica cerebral e aqueles envolvidos em estudos cerebrais em medicina nuclear tinham doses de radiação comparável tipicamente de ~ 10 mSv. Ele também notou que um paciente tinha recebido em um r-X de crânio simples uma dose de radiação muito menor ($\sim 0,15$ mSv) do que um paciente sob CT (2 mSv).

Ainda outro estudo examinou a dose efetiva anual recebida por radiologistas intervencionistas. Este estudo foi feito por Niklason et al. (1993), que estudou 35 radiologistas intervencionistas vindos de 17 instituições. Os radiologistas usaram dosímetros sobre o avental de chumbo na altura do colarinho e sob o avental no nível da cintura, por um período de 2 meses.

A dose efetiva média é reportada na tabela seguinte. A dose efetiva média anual variou de 0,37 a 10,1 mSv, com uma dose efetiva média anual de 3,16 mSv. Esta dose é bem abaixo do limite de 50 msv por ano atualmente recomendado pelo o NCRP.

Dose efetiva média para 35 radiologistas internacional

Região	Dose efetiva (mSv)	
	Tireoide c/blind	Tireoide s/blin
Cabeça e pescoço	0,40(0,02 – 0,97)	2,61(0,14-6,34)
Extremidades	0,63(0,03 - 1,53)	0,63(0,03-1,53)
Corpo inteiro (sob avental)	0,88(0,22 – 4,11)	0,88(0,22-4,11)
Total	1,91(0,37 - 5,75)	4,12(0,48-10,1)

8. Tão Baixo Quanto Razoavelmente Exequível (ALARA)

Os estudos a pouco citado demonstrou que os limites de doses recomendados para indivíduos ocupacionalmente expostos está sendo conhecido. Se parecem que técnicos e radiologistas se assemelham nos cuidados dados na consideração para os três princípios da radioproteção em um esforço para eles mesmos se protegerem como também os pacientes.

Embora técnicos e radiologista tomem cuidados para justificarem todos os pacientes expostos a radiação baseado em uma expectativa de um benefício líquido positivo, bem como observe limitações de doses recomendados, é o compromisso rigoroso de se levar a exposição ALARA que é em geral responsável pelo sucesso de seus esforços.

Para apoiar o padrão ALARA, os técnicos e radiologistas devem assegurar que a exposição mais baixa possível seja usada para fatores técnicos na qualidade da imagem, tais como colimação correta e fatores técnico de exposição (mAs, e kVp), por exemplo, são otimizados para produzir imagens diagnóstica de qualidade.

9. Imagens de Ressonância Magnética: Limite de exposição

O princípio básico da imagem de ressonância magnética (IRM) foi introduzido no módulo anterior. Em IRM, o paciente é exposto a três campos: Campo magnético estático, um campo magnético variável (ou tempo variável), e ondas de rádio [energia de (RF) radiofrequência]. O técnico, por outro lado é exposto quando prepara o paciente para uma varredura na sala da IMR.





Embora não haja nenhum efeito biológico adverso atual em pacientes sob exames RM que use protocolo estabelecido e fatores de exposição, considerações de segurança e limites de exposição para orientar foi emitido.

Os limites de segurança de preocupação relacionam a exposição para todos os três campos físicos operando em IRM. O campo magnético estático é medido em Tesla (T), O campo magnético variável é medido em Tesla por segundo (T/s), e ondas de radio são medidos em Watts por quilograma (W/kg).

Os limites de exposição desses campos foram emitidos para acalmar as preocupações que os efeitos biológicos poderiam produzir. Por exemplo, permeabilidade da membrana e condução do nervo pode ser alterada quando exposto os campos magnéticos fortes. Em suma, alguns pacientes têm experimentados relampejos de luz quando exposto ao campo magnético gradiente. Exposição para este campo pode causar também fibrilação cardíaca. Finalmente, ondas de rádio (RF) podem causar aquecimento do tecido dependendo da exposição. Tais calor pode descrito pela taxa de absorção específica (TAE), a qual é medida em watts por quilograma (W/kg).

Os limites de exposição foram recomendados pelo Centro Nacional dos U.S. para Departamento de Saúde Radiológica e outras agencias no Canadá, Republica Federal da Alemanha. Nos estados Unidos por exemplo, o limite de exposição para o campo magnético estático, o campo magnético gradiente variando, e ondas de radiofrequência são 2T, 3T/s e 0,4 W/kg, respectivamente, para corpo inteiro com um máximo de 2 W/kg. Isto será discutido em detalhe em capítulos posteriores.

EXERCÍCIO DE APRENDIZAGEM

01. Qual dos seguintes é definido como uma dose de raios – X que produziria uma avermelhidão da pele em 10 a 14 dias seguido a exposição a radiação?
 - A) Dose eritema.
 - B) Dose tolerância.
 - C) Dose Máximo permissível.
 - D) Dose equivalente.
02. Qual dos seguintes sugerem um limiar de dose abaixo do qual nenhum dano a radiação pode ocorre?
 - A) Dose eritema.
 - B) Dose tolerância.
 - C) Dose Máximo Permissível.
 - D) Dose equivalente.
03. A dose tolerância foi substituída pelo o termo:
 - A) Dose eritema.
 - B) Dose Máxima Permissível.
 - C) Dose equivalente.
 - D) Dose efetiva.
04. A formula para computar a Dose Máxima Permissível (MPD) conhecido a idade (N), em anos do individuo é:
 - A) $MPD = N - 18$ rem.
 - B) $MPD = 5N - 18$ rem.
 - C) $MPD = 5(N + 18)$ rem.
 - D) $MPD = 5(N - 18)$ rem.
05. Qual dos seguintes substituiu a formula de Dose Máximo Permissível?
 - A) $10 \text{ Sv} \times$ idade em anos.
 - B) $10 \text{ Sv} +$ idade em anos.
 - C) $10 \text{ mSv} \times$ idade em anos.
 - D) $10 \text{ mSv} -$ idade em anos.
06. Em 1977, o ICRP substituiu o termo dose máximo permissível com o termo:
 - A) Justificação
 - B) Dose efetiva
 - C) Otimização
 - D) Dose equivalente limite.





07. Um sistema mais compreensivo da radioproteção do ICRP inclui todos os conceitos seguintes exceto?

- A) Justificação (benefício líquido)
- B) Otimização (ALARA)
- C) Dose Máxima Permissível
- D) Limitação de dose

08. Qual dos seguintes termos é usado para relacionar o risco da exposição de uma parte do corpo para aquela exposição do corpo inteiro?

- A) Roentgen
- B) Gray
- C) Dose efetiva
- D) Dose de tolerância

09. A terminologia mais recente do ICRP e NCRP usada para relaciona a dose limite ocupacional é o:

- A) Dose equivalente
- B) Equivalente dose
- C) Otimização
- D) Dose efetiva

10. A dose limite foi estabelecida para:

- A) Exposição de corpo inteiro
- B) Exposição de parte do corpo, bem como órgão
- C) Exposição da população
- D) todos acima

11. A dose limite foi estabelecido para:

- A) Indivíduos exposto ocupacionalmente
- B) Membros do público
- C) Estudantes em treino e embrião - feto
- D) Todos acima

12. A dose efetiva limite do ICRP para indivíduos exposto ocupacionalmente é:

- A) 50 Sv por anos
- B) 20 mSv por anos numa média de 5 anos
- C) 20 Sv por anos na média de 5 anos
- D) 50 mSv por anos

13. A dose efetiva limite do ICRP para membros do público é:

- A) 1 mSv em um ano
- B) 20 mSv em um ano
- C) 50 mSv em um ano
- D) Nenhuma das acima estão corretas

14. O limite da dose equivalente anual (ICRP) para as lentes dos olhos é:

- A) 150 mSv
- B) 150 Sv
- C) 500 mSv
- D) 500 mSv

15. O limite de dose equivalente anual do ICRP para a pele de membros do público é:

- A) 50 Sv
- B) 150 mSv
- C) 500 mSv
- D) 50 mSv

16. O limite de dose efetiva anual do NCRP para indivíduos exposto ocupacionalmente é:

- A) 20 mSv
- B) 50 mSv
- C) 50 Sv
- D) 10 mSv x idade em anos

17. O limite de dose efetiva acumulativa do NCRP para indivíduos exposto ocupacionalmente é:

- A) 20 mSv
- B) 50 mSv
- C) 150 mSv
- D) 10 mSv x idade em anos

18. O limite de dose equivalente anual do NCRP para o embrião – feto é:

- A) 5 mSv
- B) 50 Sv
- C) 50 mSv
- D) 0,01 mSv

19. O limite de dose efetiva para membros do público é:

- A) 20 mSv por ano
- B) 1 mSv por ano
- C) 5 mSv por anos para exposição contínua ou freqüente
- D) 50 mSv por anos

20. O limite de dose equivalente mensal do NCRP para o embrião – feto é:

- A) 5 mSv
- B) 5 Sv
- C) 0,5 mSv
- D) 0,01 mSv



21. O limite de dose equivalente anual do Canadá para indivíduo exposto ocupacionalmente é:

- A) 20 Sv
- B) 50 Sv
- C) 50 mSv
- D) 150 mSv

22. O limite de dose equivalente anual para membros do público no Canadá é:

- A) 5 Sv
- B) 5 mSv
- C) 0,5 mSv
- D) 0,15 Sv

23) Para prevenir efeitos determinísticos detrimental para as lentes dos olhos, o limite de dose no Canadá é:

- A) 0,15 Sv por ano
- B) 0,15 mSv por ano
- C) 150 mSv por ano
- D) 0,5 Sv por ano

24) O limite de equivalente de dose anual para todos os outros tecidos exceto para as lentes dos olhos é:

- A) 0,15 Sv
- B) 0,15 mSv
- C) 10 mSv
- D) 0,5 Sv

25) No Canadá, o limite de dose equivalente para o abdômen da mulher de capacidade reprodutiva não é mais do que R por 13 semanas:

- A) 13 sv
- B) 130 msv
- C) 13 mSv
- D) 20 mSv

26) O limite de dose equivalente canadense para estudantes em treino que são menores de 18 anos:

- A) Não deve exceder 15 mSv por ano
- B) Não deve exceder 0,15 Sv por ano
- C) Não deve exceder 20 mSv por ano
- D) Deveria somar 50 mSv por ano

27 – Dose ocupacional e estudos de tendências são feitos:

- A) Verifica se os limites de dose são excedidos
- B) Determina a efetividade do programa de radioproteção.
- C) Relaciona a dose para o risco
- D) Todos acima

28) A dose efetiva equivalente anual para a população Norte – Americana vinda de raios – X diagnóstico como reportado pelo NCRP em 1989 é:

- A) 1,3 mSv
- B) 0,40 mSv
- C) 0,30 mSv
- D) 1,4 mSv

29) A preocupação para segurança em imagem de ressonância magnética (IRM) talos de exposição para:

- A) Campo magnético estático
- B) Campo magnético gradiente de tempo – variando
- C) Ondas de rádios (RF)
- D) Todos acima

30) A unidade da taxa de absorção específica (TAE) são:

- A) Watts por quilograma (W/kg)
- B) Coulombs por quilograma (C/kg)
- C) Tesla por segundo (T/s)
- D) Watts por metros quadrado (W/m²)

31) Nos Estados Unidos, o limite de exposição para campos magnéticos gradiente variando usados em IRM é:

- A) 1 T/s
- B) 2 T/s
- C) 3 T/s
- D) 10 T/s

33) Nos Estados Unidos, o limite de exposição para ondas de rádios (RF) usado em IRM é:

- A) 40 W/kg
- B) 0,4 W/m²
- C) 0,4 W/kg
- D) 0,04 W/kg





Capítulo - 2

Fatores que Afetam a Dose em Imagem com Raios - X

ASPR
ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Assuntos:

1. Introdução
2. Componente de exposição do sistema de imagem que afetam a dose
3. Fatores clínicos
4. Fatores na radiografia
5. Fatores em fluoroscopia
6. Fatores em tomografia computadorizada
7. Fatores em mamografia

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro: Castalia - Cep: 40.603 - 194 - Itabuna/Bahia
Fone contato: (73) 99197-1119. E-mail: aspronline@hotmail.com
www.aspronline.wix.com [facebook.com/asprcq](https://www.facebook.com/asprcq) [curtir](#)



1. Introdução

A radioproteção em radiologia diagnóstica está relacionada com o a minimização de dose de radiação para o paciente, pessoal e membros do público. Para acompanhar esta idéia, é necessária que o técnico tenha um entendimento firme de cada um dos seguintes: (1) Os fatores que afetam a dose de radiação e (2) um guia e recomendações para o uso seguro da radiação em radiologia diagnóstica.

Este capítulo se dirige ao anterior, especificamente no que se refere aos fatores técnicos gerais que afetam a dose. Adicionalmente, fatores específicos que afetam a dose em radiografia, fluoroscopia, mamografia, e especialmente tomografia computadorizada (CT).

2. Componente do Sistema de Exposição que Afetam a Dose

Componente de Exposição em Sistema Radiográfico

Os componentes básicos de exposição do paciente em um sistema de imagem radiográfico estão ilustrados na figura seguinte. As considerações importantes com respeito a dose de radiação são as seguintes:

1. O técnico deve selecionar os fatores de exposição (kVp, mA, e tempo de exposição em segundos) para o exame radiográfico apropriado;
2. O feixe de radiação que sai do tubo do r-X é um feixe largo (geometria do feixe aberto), o qual primeiro é filtrado e subsequentemente colimado para a área de interesse do paciente.
3. Durante a exposição, o feixe é fixado em uma posição do (área de interesse) sobre o paciente.
4. O feixe passa através do paciente, topo da mesa e grade e subsequentemente cai sobre o receptor de imagem

(filme/écran), a sensibilidade do qual afeta a dose para o paciente.

5. O posicionamento no paciente varia. O paciente pode assumir a posição Antero-posterior (AP), Posterior-Anterior (PA), ou posição oblíqua durante o exame
6. Os filmes expostos são processados em uma processadora química.

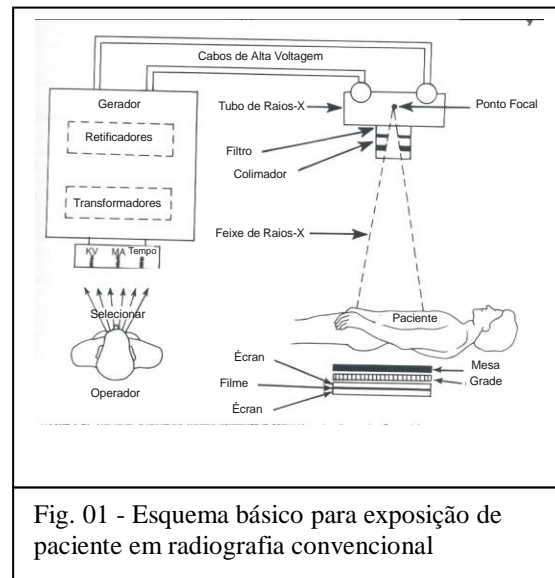


Fig. 01 - Esquema básico para exposição de paciente em radiografia convencional

Componente de Exposição em um Sistema Fluoroscópico

As componentes de exposição em pacientes em um sistema de imagem fluoroscópico é mostrado na figura seguinte. Em termos de dose de radiação para o paciente durante um exame de fluoroscopia, os seguintes pontos devem ser observados:

1. Fatores técnicos fluoroscópico (kVp, mA) devem ser selecionados apropriadamente para o exame.
2. Primeiro o radiologista desempenha o exame colimando o feixe e movendo este ao longo e através do paciente, para imagear a anatomia de interesse (i.é.o trato gastrointestinal superior e inferior). O posicionamento do paciente pode variar de posições AP, PA para la-



teral (DLL). Durante a porção fluoroscópica do exame, o radiologista registra vários pontos-filmes da anatomia. Estes tipos de pontos-filmes são expostos usando fatores técnicos radiográficos. As chaves de fatores técnicos fluoroscópicos (baixa corrente de tubo e alta kVp) para fatores técnicos radiográficos (corrente de tubo maior e kVp alto) e subseqüentemente atrás para o modo de operação fluoroscópico.

Na realização do exame, o radiologista pode também escolher usar a técnica de magnificação para aumentar os detalhes anatômicos.

3. Após a conclusão do exame fluoroscópico, o técnico realiza um exame radiográfico expondo vários filmes de formatos longos. E para isto fatores técnicos devem ser usados.
4. Enquanto o receptor de imagem em fluoroscopia é um tubo intensificador de imagem, a porção radiográfica do exame utiliza um receptor de imagem (filme / écran)
5. Os filmes obtidos em um exame fluoroscópico são processados em uma processadora química.

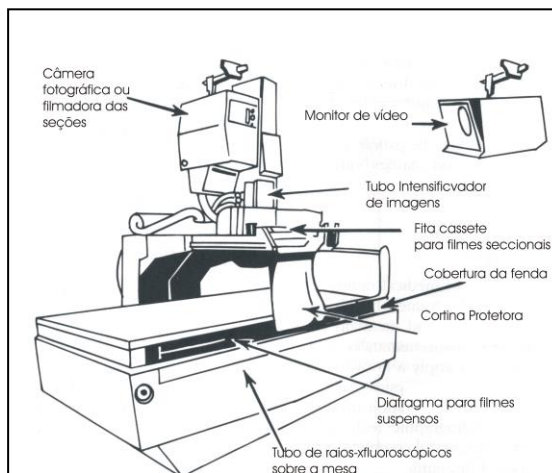


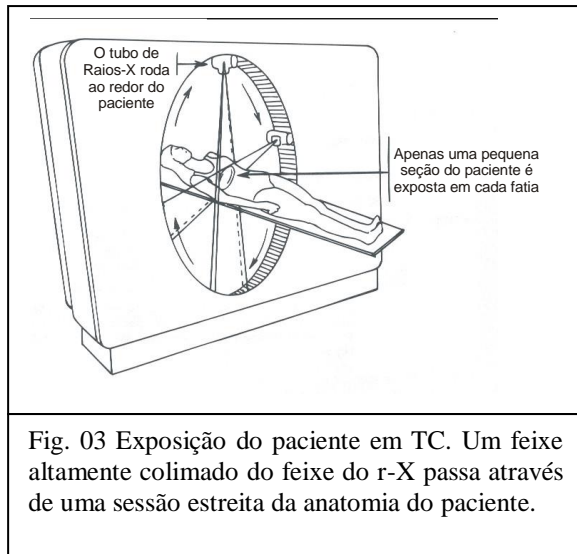
Fig.02 A componente do equipamento fluoroscópico. Neste sistema, o tubo do r-X está sob a mesa. O dispositivo de ponto-filme contém um filme cassete que é exposto a fatores técnicos

Componentes de Exposição em Sistemas TC

O esquema para expor o paciente em TC é mostrado na figura seguinte. Há vários pontos notáveis considerando este método de exposição:

1. O feixe dos raios – X é altamente colimado (geometria do feixe é estreito) para passar através de uma sessão estreita do paciente (fatia).
2. O tubo dos raios – X rotaciona ao redor do paciente para coletar as medidas de transmissões (dados da atenuação) para reconstrução da imagem no computador.
3. Fatores técnicos de exposição radiográfico (kVp, mAs) são usados para imagear o paciente.
4. O feixe emanado do tubo do raios-X é formatado, filtrado, e colimado antes de passar através do paciente.
5. Ao passar através do paciente, o feixe de raios – X é detectado sobre detectores cujas propriedades são diferentes daquelas do receptor de imagem filme / écran.
6. Geralmente, o paciente assume uma posição AP para a maioria dos exames.
7. Várias sessões do paciente pode ser escaneada para um exame completo.
8. As imagens são registradas em uma fita magnética ou disco rígido ou óptico, ou eles podem ser registrados em filmes. Estes filmes são então processados em uma processadora química.





3. Fatores Clínicos

Fatores Clínicos referem-se a todas as responsabilidades do indivíduo envolvido na exposição do paciente quanto a radiação. Estas responsabilidades relacionam não somente a prescrição do exame dos raios – X, mas também aos aspectos procedimentais não técnicos tais como o cuidado do paciente, comunicação e conforto. Os indivíduos que assumem a responsabilidade para determinar a natureza e a extensão de um exame radiológico num paciente são do médico, o radiologista e o técnico. O paciente primeiro vê o médico que prescreve o exame radiográfico baseado em um exame clínico do paciente. Depois o paciente chega no departamento de radiologia e, dependendo do tipo de procedimento, pode entrar em contato com o técnico ou o radiologista, ou ambos. Enquanto o técnico é responsável para executar o exame radiográfico, o radiologista, com a assistência do técnico, assume a responsabilidade para desempenhar o exame que requer a fluoroscopia.

Responsabilidade do Médico

Tendo examinado clinicamente o paciente, o médico prescreve o exame radiográfico. Geralmente, o médico indica baseado numa Justificação para o exame. Por exemplo, um raios – X de tórax é justificado se o paciente

sofre de uma doença inflamatória (pneumonia), um problema traumático (pneumotórax), ou uma doença neoplásica (carcinoma broncogenico) do sistema respiratório. É importante que o médico forneça bastante dados clínicos considerando a condição do paciente porque esta informação habilita ambos técnico e radiologista a realizarem o procedimento apropriado dos raios – X.

Papel do Técnico

O papel do técnico em radiografia médica é claro. O técnico deve ser treinado na arte e ciência da radiografia e manter um entendimento de novos instrumentos e procedimentos. O técnico aplica o conhecimento de anatomia, fisiologia, física, instrumentação, radiobiologia, radioproteção, patologia, e técnicas radiográficas e posicionamento para o completo sucesso do exame. Comunicação e habilidades interpessoais são também vitais para o sucesso do técnico nas atividades diárias. Em resumo, o técnico é responsável para realizar o exame radiográfico do paciente, bem como usando a informação clínica fornecida pelo médico do paciente e o protocolo estabelecido pelo departamento de radiologia.

Papel do Radiologista

Os radiologistas desempenham os exames fluoroscópicos com a assistência do técnico. O radiologista comunica-se com o médico do paciente para detalhar o exame dos raios-X a necessidade do paciente. Ele também comunica ao paciente todos os detalhes relacionados ao procedimento. O radiologista e o técnico trabalham juntos para expedir o exame e garantir a segurança e conforto do paciente antes durante e depois do exame.



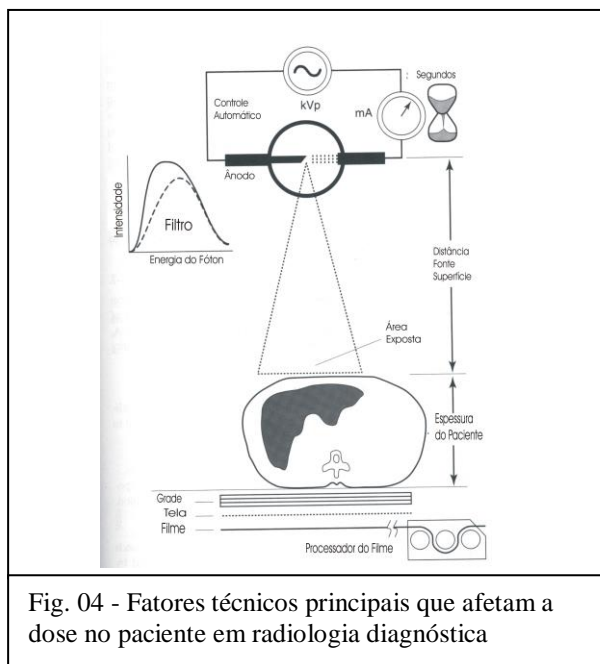
Responsabilidade do Paciente

O paciente deve assumir alguma responsabilidade para assegurar que o exame radiográfico seja conduzido eficientemente. Isto significa que:

1. O paciente deve primeiro entender as instruções fornecida pelo técnico.
2. O paciente deve seguir todas as instruções durante a condução do exame.
3. O paciente deve cooperar com o pessoal para assegurar o sucesso completo do exame.

4. Fatores na Radiografia

Há vários fatores que afetam a dose no paciente em radiografia. Entretanto, somente os fatores técnicos principais serão discutidos neste capítulo. Estes fatores estão ilustrados na figura seguinte e inclui fatores técnicos de exposição, forma de onda do gerador dos raios – X, filtração, colimação e alinhamento do feixe, distância fonte pele, distância fonte receptor de imagem, espessura e densidade do paciente, grade, sensibilidade do receptor de imagem, e processamento do filme. Cada um desses será explicado brevemente.



Fatores Técnicos de Exposição

Relembramos que durante a produção dos raios – X elétrons são liberados do filamento por emissão termiônica e são acelerados na direção do anodo do tubo de raios – X para se chocarem no alvo do anodo. Ao se chocar no alvo um feixe de raios – X são produzidos. Este feixe, o feixe útil, é um feixe heterogêneo de radiação que é transmitido através do paciente para produzir uma imagem.

Os fótons de um feixe heterogêneo têm diferentes energias que variam de baixa para alta. Enquanto os fótons de energia alta passam através do paciente para alcançar o receptor de imagem e produzir a imagem, os fótons de energia baixa não tem energia bastante para penetrar o paciente. Eles são absorvidos pelo paciente e subsequentemente contribui para a dose no paciente.

Fatores técnicos de exposição são caracterizados pelo o potencial do tubo, definido pelo **kilovolts (kVp)**; a corrente do tubo, definido pelo o **miliamper (mA)**; e o **tempo de exposição em segundos (s)**. A quilovoltagem não somente determina velocidade dos elétrons se chocarem no alvo, mas também a **energia dos fótons de raios – X (qualidade do feixe de radiação)** que emanam do alvo do tubo. O mA, que é o fluxo de elétrons através do tubo, é o determinante primário da quantidade de fótons que caem sobre o paciente. O tempo de exposição, por outro lado, refere-se à duração (em segundos) da exposição do paciente ao feixe de radiação.

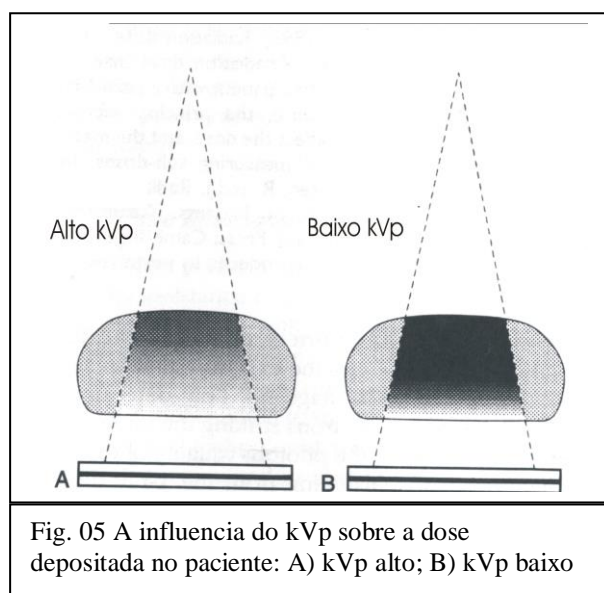
Estes três fatores técnicos (kvp, mA e tempo) não somente determina a qualidade e quantidade do feixe de radiação necessária para produzir uma imagem, mas eles também afetam a dose de radiação para o paciente. Além disso, estes fatores estão sob o controle direto do técnico, que deve está



apto a otimizar a qualidade da imagem enquanto minimiza a dose de radiação para o paciente. Isto pode ser realizado através da seleção da melhor combinação de kVp e mA (mAs) necessário para um exame particular.

kVp

O kVp afeta o poder de penetração do feixe de radiação. Um feixe produzido por um alto kVp é muito mais penetrante do que um feixe produzido por um kVp baixo. Isto afeta a dose depositada no paciente como mostrado na figura seguinte.



Wolbarst (1993) tem dois argumentos para explicar o diferencial na dose depositada como função do poder de penetração do feixe. O primeiro é que com técnicas de kVp baixo mais dose é depositada em uma grande área do paciente (figura B) por causa dos fótons não terem bastante energia para penetrar a espessura inteira do paciente. Por outro lado, como mostrado na (figura A), técnicas com kVp alto resulta em menos dose depositado no tecido por causa dos fótons terem uma energia bastante alta para penetrar o tecido e o filme. Ele também explica que das duas interações da radiação com a matéria que são de importância em radiologia, o efeito fotoelétrico predomina em técnicas de kVp mais baixo particularmente em tecidos com número atômico alto, tal como

osso. Como resultado há mais absorção do feixe de radiação (dose) no tecido com número atômico alto.

mA

O mA afeta primeiramente a quantidade da radiação vinda do tubo. Devido a radiação ser diretamente proporcional ao mA, dobrando o mA dobra a quantidade de radiação (dose) para o paciente.

Tempo de exposição

A dose deliberada para o paciente durante um exame radiográfico é diretamente proporcional ao tempo de exposição. Relembramos a relação:

$$\text{Exposição} = \text{taxa de exposição} \times \text{tempo}$$

Assim, se o tempo de exposição é dobrado, a exposição (dose) para o paciente também será dobrada.

mAs

O mAs é o produto do mA e o tempo, em segundo (s). A quantidade de radiação é influenciada pelo o, mAs da técnica de exposição. Tal quantidade é diretamente proporcional ao, mAs, assim, se o mAs é dobrado, a quantidade de radiação (dose para o paciente) é dobrado. Técnicas baseada em kVp alta requer uma redução subsequente no, mAs; assim, técnicas de kVp alto resulta em uma dose reduzida para o paciente.

Controle de Exposição Automático

O sistema de cronometragem do controle de exposição automático foi desenvolvido para resolver problemas de técnica de exposição experimentado com sistemas de cronometragem em exposição manual. Tais problemas originam-se como um resultado



de variações nos tipos de pacientes, patologia do paciente, e envelhecimento do tubo, por exemplo, um controle de exposição automática (AEC) garante que a quantidade de radiação pré-selecionada atinja o filme e desta maneira fornece exposição correta indiferentemente do problema mencionado anteriormente. A repetição de exposição são subseqüentemente minimizado. Dispositivos AEC não são completamente seguros e, portanto, requer que o técnico seja treinado no uso correto durante o emprego do AEC em uma radiografia.

Forma de Onda do Gerador do Raios – X

Na figura seguinte, a voltagem através do tubo dos raios – X e a intensidade relativa do raio – X e a energia são mostrados. Está claro que quando a voltagem se origina do zero até um valor máximo (neste caso 100 kVp), a intensidade e a energia dos raios – X também cresce de zero a um valor máximo. Esta produção pode ser caracterizada pela forma de onda da voltagem do gerador do raios-X.

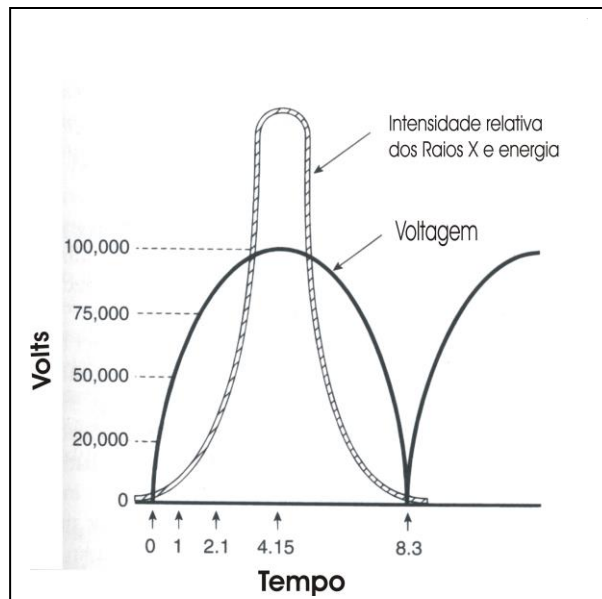


Fig. 06 A forma de onda da voltagem através do tubo dos raios – X origina-se de zero até um valor máximo (100.000 volts) e resulta na produção de raios – X, o qual está em seu máximo somente quando a voltagem atinge o seu valor máximo.

Na figura seguinte, cinco formas de ondas diferentes estão ilustradas. Uma característica importante de uma forma de onda da voltagem é o seu “ripple” ou a maneira na qual a voltagem é suprida para o tubo dos raios- X. quando a percentagem ripple diminui, o gerador é dito ser mais eficiente em termos de produção dos raios – X. Um ripple de 4% indica que a voltagem do tubo dos raios – X nunca cai abaixo de 96% do valor máximo. Um ripple de < 2% indica que a voltagem do tubo é quase constante. Esta eficiência implica que a dose no paciente e desta forma os fatores técnicos de exposição (kVp e, mAs) estão relacionados ao tipo de forma de onda da voltagem. Geradores de alta frequência e trifásico são muito mais eficientes na produção dos raios – X do que simples geradores de uma única fase.

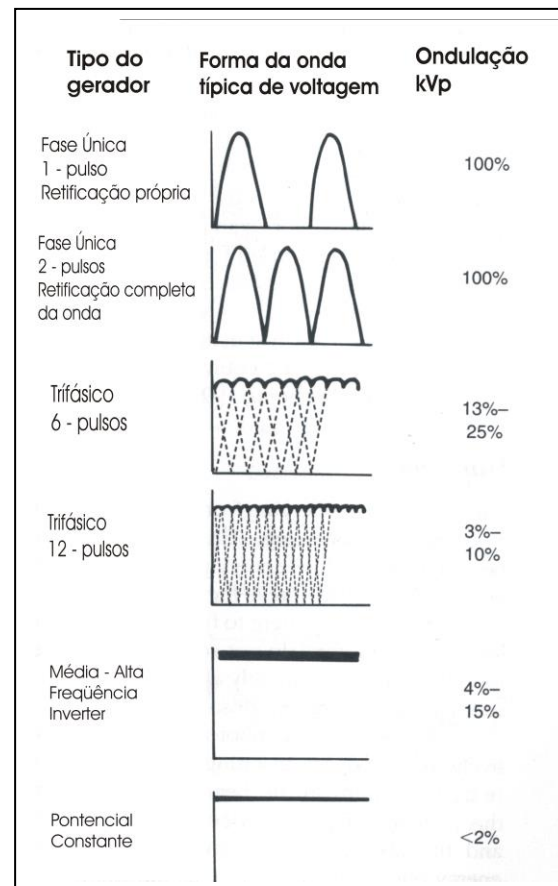


Fig. 07 Vários tipos de gerador de raios – X e suas formas de ondas de voltagens associadas e percentagem ripple.



Os geradores de alta frequência, entretanto produzem maior intensidade de raios – X e maior energia efetiva comparada com geradores de raios – X trifásico e fase única. Isto significa que tempos de exposição curtos (e conseqüentemente, mAs) são possíveis com gerador de alta frequência. Por exemplo, as técnicas de exposição (kVp, e, mAs) para um exame de abdômen usando um equipamento monofásico e unidade trifásico (6 pulsos) são 74 kVp/40 mAs e 72 kVp/34 mAs respectivamente. Com um gerador de alta frequência é 70 kVp/24 mAs (bushong, 1993).

Filtração

O feixe de raios – X emergindo do tubo dos raios – X é um feixe heterogêneo. Isto significa que o feixe consiste em fótons de baixa energia e fótons de alta energia. Enquanto os fótons de alta energia penetram o paciente para formar a imagem, os fótons de baixa energia não contribuem para a imagem. Eles são meramente absorvidos pelo tecido, aumentando desta forma a dose para o paciente.

Estes fótons de baixa energia podem ser seletivamente inserindo-se absorvedores de metal (i.é. alumínio) no feixe antes de alcançar o paciente. Estes absorvedores são chamados de filtros e a absorção ou remoção é referida como filtração.

Há dois tipos de filtração: Inerente e adicional. O tipo anterior de filtração é realizado pelo próprio tubo dos raios – X, o qual consiste de um envelope de vidro e óleo isolante; o último é conhecido como adicional de uma espessura específica de alumínio fora do tubo dos raios – X (próximo a porta do tubo). A filtração total é computada como segue:

$$\text{Filtração total} = \text{Filtração inerente} + \text{filtração adicional}$$

A filtração é a remoção seletiva de fótons de baixa energia vinda do feixe de radiação, e isto é

feito para proteger o paciente da radiação. O resultado da filtração é uma redução da intensidade dos raios – X e um aumento na energia efetiva do feixe (o feixe torna-se mais endurecido e mais penetrante). Especificamente, a filtração reduz a dose na pele do paciente (Wooton, 1993). Esta redução foi demonstrada em um estudo por Burns e Renner (1993), que investigou o uso de um filtro de molibdênio / alumínio para reduzir a dose de entrada na pele. Seus resultados são mostrados na tabela abaixo.

TABELA 01. A redução na exposição de entrada na pele para diferentes tipos de filtros: Geradores monofásicos e trifásicos em 80 kVp para NIOBIO E NIOBIO (Nb) / ALUMINIO (Al) comparado com 2,5 mmAl

	Monofásico (%)		Trifásico (%)	
	ES E	carga do tubo	ESE	carga do tubo
Nb	+9	+5	+5	+5
Nb+1mmAl	-23	+18	-20	+10
Nb+2mmAl	-27	+33	-28	+21
Nb+3mmAl	-40	+44	-36	+26

Filtro de Níbio/alumínio reduz a exposição do paciente

Tamanho de Campo e Colimação

O termo colimação refere-se a um método de definir o tamanho e a forma do feixe primário tal que este cobre somente a região de interesse anatômico. A área coberta pelo feixe caindo sobre o paciente é o tamanho do campo ou mais especificamente o FOV (campo de visão) figura 01.

A finalidade da colimação é proteger o paciente de radiação desnecessária limitando o tamanho do campo a região anatômica de interesse (fig. 08). A limitação do tamanho de campo para uma área praticável menor resulta em uma diminuição na energia da radiação total para o paciente porque a exposição integral na superfície (radiação Total) é diretamente proporcional ao tamanho da área irradiada como ilustrado na figura 09.



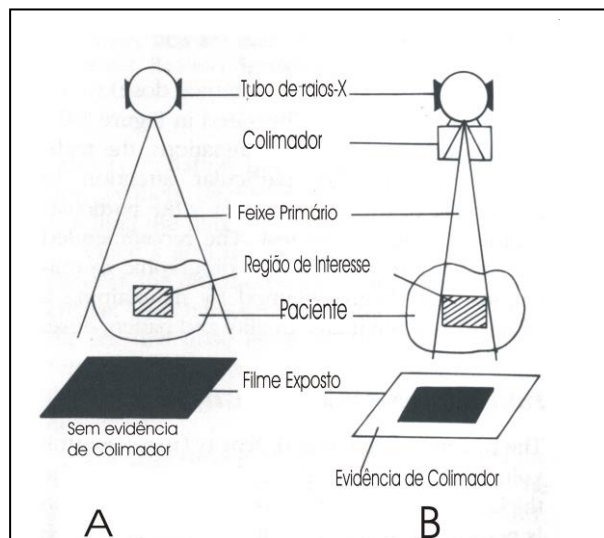


Fig. 08 – O uso de colimadores para prevenir radiação desnecessária da estrutura ao redor das regiões de interesse: A) nenhuma evidencia de colimação e B) Evidencia de colimação

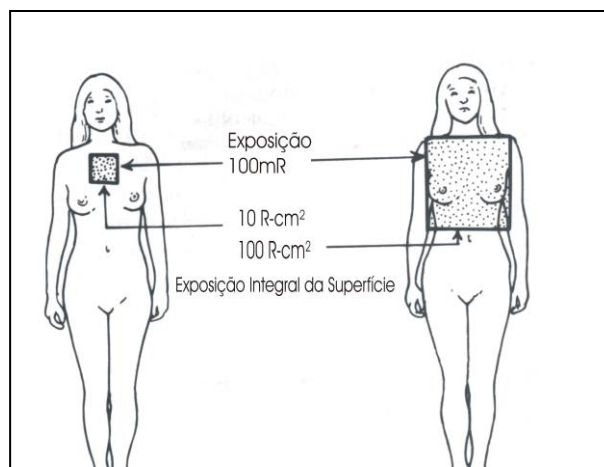


Fig. 09 – A comparação do efeito de dois tamanhos de campos diferentes sobre a exposição integral sobre a superfície para a mesma dose de 100 mR. Um tamanho de campo grande resulta em 10 vezes mais radiação para o paciente

Embora ambos pacientes sejam expostos a 100 mR de radiação, o paciente da direita é exposto 10 vezes mais radiação do que o paciente da esquerda, simplesmente por que a dose é deliberada em uma área da superfície maior.

Descrevendo um exame da junção lombo-sacral, Dowd (1994) reportou que simplesmente colimando o feixe abaixo de um tamanho de

campo de 8" x 10" para um tamanho de campo 6" x 6" diminui a exposição superficial por >50%. A colimação diminui também não somente as doses gonadal e da medula, mas reduz dose significativa geneticamente por cerca de 65% (travi, 1989). Ultimo, mas não pelo menos em termos de proteção do paciente, a colimação é um meio efetivo de assegurar que a dose encontre todos os padrões importante do ALARA.

Alinhamento do Feixe

Para evitar radiação desnecessária do paciente, a luz do campo do colimador e o feixe de radiação deve ser alinhada perfeitamente. Se estes dois campos não coincidem, a região anatômica de interesse pode não está incluída porque o feixe de radiação pode está fora, e o paciente recebe radiação desnecessária.

Distância fonte receptor imagem / Distância Fonte pele

A distância fonte receptor de imagem (DFI) é a distância do ponto focal do tubo dos raios – X para o, chassis do filme. Para a maioria dos exames radiográficos, o DFI é colocado em 101 cm. Quando o DFI (e a Distância fonte superfície –DFS) diminui, a divergência do feixe aumenta. (veja figura 10. para uma comparação da divergência do feixe para DFI curto e longo). Este efeito tem um impacto sobre a concentração dos fótons sobre a superfície do paciente. Uma DFI curta aumenta a concentração de fótons, aumentando assim a exposição na superfície (dose de entrada) do paciente. Isto é claramente ilustrado na figura 11.

Na condução de um exame radiográfico, o técnico deve dar atenção particular para o uso apropriado da DFI para a área anatômica de interesse. A DFI recomendada para exames radiográfico e fluoroscópicos tem sido obtido mantendo um balanço entre qualidade da imagem e dose no paciente.



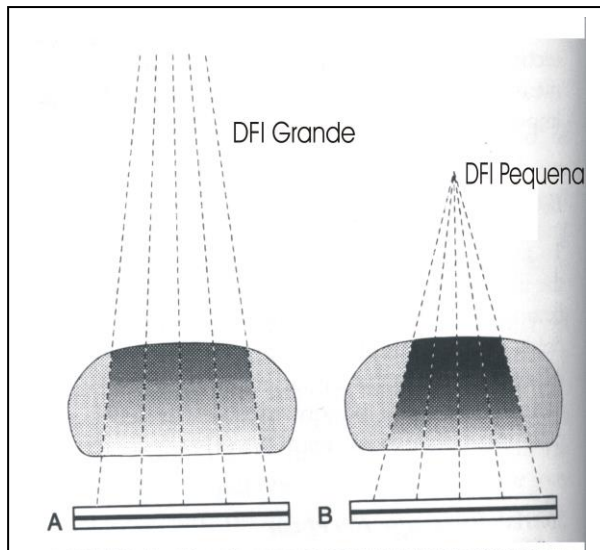


Fig. 10 – A divergência de dois feixes com diferentes DFI. A) a DFI longa resulta em um feixe menos divergente e uma diminuição na concentração de fótons no paciente; b) a DFI curta resulta em um feixe mais divergente, no qual aumenta a concentração de fótons (ou exposição na superfície) do paciente. A DFI curta é equivalente a uma técnica de kVp baixo em termos de dose para o paciente.

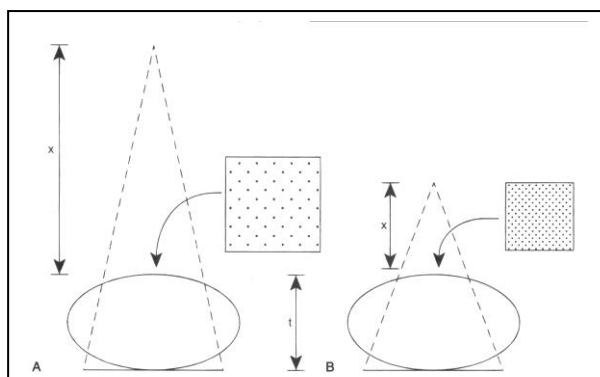


Fig. 11 A concentração de fótons (exposição na superfície) sobre o paciente aumenta quando a DFI diminui. A) em uma DFI longa, a concentração diminui sobre a superfície do paciente. B) A concentração de fótons aumenta sobre a superfície do paciente quando DFI curtas são usadas.

Espessura e Densidade do Paciente

A espessura e densidade (massa por unidade de volume) do paciente também afeta a dose. Em geral, quando a espessura e densidade aumenta, mais radiação é necessária para a formação da imagem (bushong, 1993; wooton, 1993). A

exposição, claro que, depende sobre se uma técnica de kVp fixo ou variável é aplicado no processo de imagem. Por exemplo, para uma técnica fixada em 80 kVp, o valor do mAs para um paciente com espessura de 16, 20, 24 e 30 cm são 12, 22, 45, 1 120 mAs, respectivamente (Bushong, 1993). Além disso, sprawls (1995) indicou que “se o ponto de interesse ou órgão não está localizado na superfície de saída do corpo, a atenuação na camada do tecido entre o órgão e a superfície de saída aumentaria a exposição”.

Topo da Mesa

Devido a finalidade do topo da mesa é para suportar o paciente durante um exame, esta deve ser construída de materiais que possam resistir o peso do paciente. Estes materiais devem também permitir uma boa proporção do feixe a ser transmitido através do tampo da mesa para alcançar o receptor de imagem. A razão do paciente para o receptor de exposição aumenta se o tampo da mesa atenua uma fração maior do feixe transmitido através do paciente (Sprawls, 1995). Por esta razão, os materiais são cuidadosamente escolhidos no projeto do tampo da mesa.

Os tamos da mesa usados em radiologia são feitos de material de fibra de carbono porque elas permitem uma alta transmissão do feixe. O resultado é a dose absorvida na pele do paciente ser reduzida. Por exemplo, em 80 kVp, a dose absorvida na pele do paciente é reduzida de 3 – 15% quando material de fibra de carbono são usados no tampo da mesa (ICRP, 1993)

Grades Anti-Espalhamento

Uma grade radiográfica é posicionada entre o tampo da mesa e o receptor de imagem (fig. 1) com a finalidade de melhorar o contraste radiográfico. Isto ocorre por ser absorvido a radiação espalhada vindo do



paciente prevenindo esta de alcançar o filme. As grades são projetadas de tal forma que suas tiras de chumbo permite a transmissão da radiação primária, mas previne a radiação espalhada (a qual degrada o contraste da imagem) de atingir o filme.

A razão de grade é a razão da altura de suas tiras pela distância entre as tiras. A razão de grade usada em imagens clínicas são 6:1, 8:1, 12:1, e 16:1., 12:1 são as mais comumente usadas em mecanismo de Bucky. Quando a razão de grade aumenta, a dose para o paciente aumenta. Adicionalmente, uma grade móvel (grade no mecanismo Bucky) requer ~15% mais radiação do que grades estacionárias com as mesmas características de desenho (Seeram, 1985).

O número de tiras de chumbo por centímetro da grade é referido como a frequência de grade, ou densidade de tira. As frequências de grades variam de 24 a 43 linhas por centímetro, embora densidades de tiras maiores sejam disponíveis. Quando a frequência de grade aumenta, a exposição relativa do paciente aumenta porque há mais tiras de chumbo para absorver uma pequena proporção do feixe primário (Seeram, 1985).

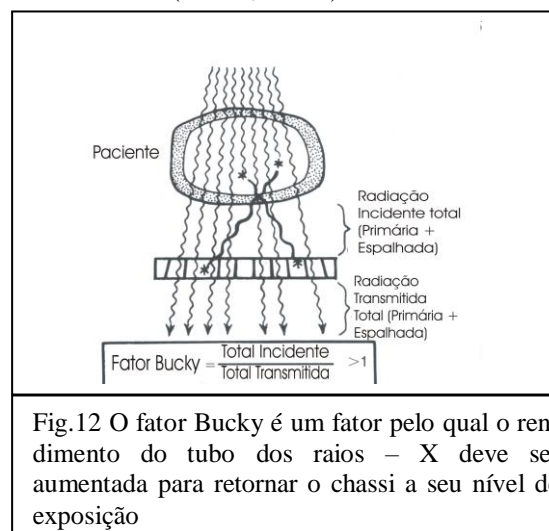
O material do inter-espaco da grade suporta as tiras de chumbo e fornece quantidade igual de separação entre eles. O material do enter-espaco geralmente é alumínio ou fibra de plástico. Cada um desses tem suas vantagens, alumínio com seu numero atômico maior, absorve mais radiação do que as fibras de plásticos, especialmente com técnicas de baixa kVp. Isto resulta em um aumento na dose do paciente por cerca de $\geq 20\%$ (Bushong, 1993).

A **seletividade** de uma grade é um outro fator que afeta a dose no paciente. Isto é a razão da transmissão da radiação primária para a transmissão da radiação espalhada. A seletividade depende não somente da razão de grade, mas também da quantidade de chumbo usada na construção da grade. Em geral, grades com seletividade alta resultaria em maior dose

para o paciente por causa de um aumento na espessura das tiras de chumbo.

O Fator Bucky (B) (ou Fator grade como algumas vezes é referido), influencia a dose para o paciente durante um exame radiográfico. B é definido como na figura 12. Isto é a razão da radiação total incidente chocando-se na grade (fótons primários e espalhados) para a radiação total transmitida através da grade. B está relacionada para a razão de grade bem como o kVp. Quando a razão de grade e o kVp aumentam, B aumenta. Por exemplo, O B para uma grade 12:1 é 3,5; 4 e 5 em 70, 90, e 120 kVp, respectivamente. O B para uma grade 16:1 é 4; 5; 6 em 70, 90 e 120 kVp, respectivamente. Quando o B aumenta, a dose no paciente aumenta a proporcionalmente (Bushong, 1993).

Finalmente, o material que encaixa as tiras e inter-espaco da grade tem algum efeito sobre a dose no paciente devido as suas propriedades na transmissão da radiação. Em 80 kVp, grades de fibra de carbono reduz a dose absorvida para a pele em cerca de 20 – 30% (ICRP, 1993).



Sensibilidade do Receptor de imagem

O receptor de imagem captura a radiação transmitida através do paciente e usa para registrar a imagem. No caso de radiografia,



o receptor de imagem pode ser um filme ou uma combinação filme / écran (filme chassis); entretanto, em sistemas de fluoroscopia, o tubo intensificador de imagem é considerado o receptor de imagem (especificamente, este é a tela de entrada do tubo intensificador de imagem). A sensibilidade do receptor de imagem; entretanto, leva em conta a quantidade de radiação necessária para produzir uma imagem. Em particular, sensibilidade refere-se à velocidade do receptor e este relaciona a velocidade do filme bem como a velocidade do écran. Filmes de alta velocidade (filme rápido) requer muito menos radiação para produzir imagens do que filmes de velocidade baixa. Justamente por isso, telas de alta velocidade (rápido) requerem menos radiação do que telas de velocidades baixas (lentas). Por exemplo, um receptor de imagem de velocidade de 400 pode reduzir a exposição de entrada na pele de 20 – 50% comparada com um sistema de velocidade 200 (down, 1994).

A sensibilidade do receptor de imagem com écrans depende do fósforo usado na construção da tela. Telas feitas de fósforos de terras raras (gadolínio, lantanídeo e yttrio) tem muito maior velocidade do que telas convencional feita de tungstato de cálcio. A velocidade das telas está relacionada a eficiência de absorção dos raios – X (capacidade de a tela absorver fótons), bem como a eficiência de conversão (capacidade da tela converter fótons de raios – X em fótons de luz visível). Enquanto telas de tungstato de cálcio absorve ~30% dos fótons incidentes sobre ele, telas de terras raras absorve 5 vezes mais raios – X na faixa de energia entre elétrons de energia de ligação da camada K do terras raras e energia de ligação da camada K do tungstato. Além disso, a eficiência de conversão da tela de terras raras é cerca de 3 a 4 vezes (15-20%) mais do que em telas convencionais de tungstato de cálcio (Bushong, 1993). Estas características de telas de terras raras resultam em redução de exposição de >50% vezes nos receptores de imagem com tungstato de cálcio.

Uma outra característica importante do receptor de imagem que afeta a dose é o material usado na frente (lado que faceia o tubo dos raios – X) dos chassis. Material feito de fibra de carbono (fibra de grafite em uma matriz plástico) reduz a exposição do paciente porque ele absorve somente cerca da metade dos fótons de raios – X comparados com chassis convencional com frente feita de alumínio. É uma redução total de dose absorvida para a pele do paciente na faixa de ~6 – 12% pode ser alcançada com frentes de fibra de carbono (ICRP, 1993).

Processamento do Filme

O processamento radiográfico é uma parte integral na cadeia de fatores que afetam a dose para o paciente. Um filme exposto com a técnica correta para um exame particular pode não necessariamente fornecer informações diagnóstica ótima se este está sujeito a um processamento pobre. Técnicas de processamento correta são mandatários, são somente para produzir filmes de qualidade ótima, mas também para reduzir a dose de radiação para o paciente por eliminar a necessidade de repetição do exame, o qual pode aumentar a dose no paciente por um fator de 2 (ICRP, 1993)

Em um esforço para minimizar problemas no processamento do filme e manter a integridade da processadora, o programa de controle de qualidade para a processadora do filme radiográfico é essencial. Um tal programa inclui uma ampla faixa de atividades, todas assegurando a qualidade ótima do filme (NCRP, 1990).

Repetição do Exame Radiográfico

Por que os exames radiográficos são repetidos? Qual é a taxa de repetidos e qual são as razões para eles? A resposta para estas questões tem sido explorada na literatura (Down, 1994; Statkiewicz-Sherer et al., 1993; ICRP, 1993). O ICRP (1993),



por exemplo, relatou que taxas de repetições (baseada sobre um número de levantamentos) variam de 3% a 15% e que a maior causa de repetições foi devido a erros de posicionamento no paciente e erros de técnicas de exposição. Outras causas possíveis de repetições de exames inclui o seguinte:

- ◆ Processamento pobre dos filmes
- ◆ Uso incorreto do sistema de exposição automático
- ◆ Medidas imprecisa da anatomia do paciente (parte do corpo)
- ◆ Erros de colimação
- ◆ DFI incorreto
- ◆ Colocação incorreta de marcadores (direito, esquerdo, e outros números descritivos)
- ◆ Não inclusão de todas a anatomia de interesse.
- ◆ Angulação incorreta do tubo de raios – X.
- ◆ Centralização incorreta da anatomia bem como do chassi.
- ◆ Pobrezas ou instruções incompletas do paciente.
- ◆ Nenhuma observação do paciente durante a exposição.
- ◆ Colocação pobre da blindagem gonadal.
- ◆ Trabalhador radiológico sem treinamento e conhecimento
- ◆ Interpretação incorreta da requisição
- ◆ Identificação incorreta do paciente.

A vista da ampla variedade da fonte de erros, os técnicos devem estarem sempre alertas quando desempenhar exames radiográficos. Para minimizar erros e assegurar que a melhor imagem possível será obtida com a menor quantidade de radiação, o técnico deve ter uma estratégia planejada cuidadosamente para conduzir o exame. Uma tal estratégia pode incluir as seguintes seqüências de passos:

1. Obter e interpretar corretamente a requisição do paciente.

2. Prepare a sala para o exame particular.
3. Identifique corretamente o paciente.
4. Explique o exame para o paciente, enfatizando a necessidade para seguir todas as instruções incluindo advertência contra movimento durante a exposição. Instruções contra respiração também deve ser explicado claramente.
5. Medir corretamente o paciente, particularmente se a carta de técnica de exposição é baseada sobre uma medida. Se sistema de exposição automática são usadas, o tamanho do paciente também deve ser corretamente acessado. Observe também se a patologia do paciente pode ter um efeito sobre a técnica de exposição.
6. Estabeleça e coloque o fator técnico de exposição correto para o exame particular baseado sobre a avaliação.
7. Posicione o paciente corretamente.
8. Verifique para a colimação apropriada, DFI, colocação do marcador, colocação apropriada do chassi no Bucky, e alinhamento apropriado do chassi com o feixe útil.
9. Verifique que as gônadas são blindadas corretamente.
10. Expõe e observe o paciente durante a exposição para garantir que ele segue as instruções.
11. Após exposição, processe o filme. Verifique que a processadora está boa para trabalhar.
12. Verifique todos os filmes para aceitabilidade.
13. Se o filme está aceitável, despeça o paciente.
14. Limpe a sala e prepare para o exame seguinte.



Estes passos, se cuidadosamente executado, devem assistir o técnico na condução do exame para garantir a qualidade ótima do filme. Evitando repetir exposições pode reduzir a dose geneticamente significante (GDS) por ~10%. Adicionalmente, técnicas melhoradas e educação podem resultar em uma diminuição de 50% no GDS (Travis, 1989).

Blindagem dos Órgãos Radiossensíveis

A blindagem é um outro fator que afeta a dose para o paciente durante um exame. Blindagem de órgãos muito radiosensíveis tais como as gônadas e olhos são especialmente importantes por causa dos riscos de efeitos genéticos e catarata. Para as gônadas, a blindagem reduz a dose na gônada. Por exemplo, o uso correto de 1 mm Pb equivalente de blindagem reduzirá a dose gonadal por ~50% para as fêmeas e 90-95% para os machos (Statkewicz-Sherer et al., 1993). A blindagens dos olhos (dependendo sobre o exame) pode resultar em uma redução de dose de 50-75% (Wootton, 1993).

Dois tipos de blindagem têm sido descritos na literatura (Bushong, 1993); Down, 1994; Statkewicz-Sherer et al., 1993; Thompson et al., 1994): proteções de contato e proteções de sombra. Enquanto proteções de contato são planas ou pontudas (fig. 13), proteção de sombra (fig. 14) são construídos tal que ele atacha ao tubo dos raios – x por meio de um anel. A sombra do setor ou porção radiopacos da blindagem é posicionado sobre a gônadas do paciente. As proteções de sombra são talvez melhores usada no exame onde é importante manter o campo estéril.

A proteção gonadal tem a finalidade de proteger a gônadas de radiação primária e, tal como, a espessura da blindagem deve ser pelo menos 0,5 mm Pb equivalente.

Em suma, o ICRP (1993) afirma que “A gônada deve ser protegida quando, da necessidade, eles estão diretamente no feixe de Raios- X ou dentro

de 5 cm deste. A menos que tal blindagem exclua ou degrada importante informações diagnóstica”.

Se proteger a gonadal é ser efetiva, a colocação da blindagem de chumbo sobre o paciente deve ser, preciso para assegurar a proteção das gônadas. Para machos, isto é útil usar a sínfise púbis como uma marca externa para guiar a colocação da proteção. Para Fêmeas, a marca de externa de 2,5 cm medial para a espinha do íliaco anterior pode ser usada para precisar a colocação da blindagem para proteger o ovário da radiação.

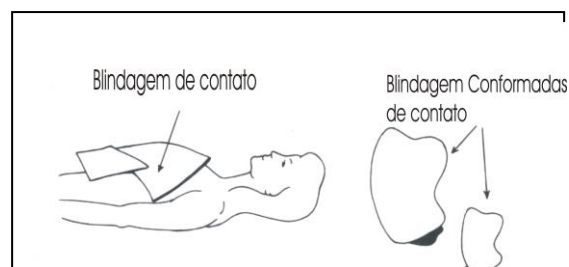


Fig. 13 Blindagem de contato plana e amoldada usada em proteção gonadal. Enquanto a proteção plana pode ser usada para proteger as gônadas, esta pode também fornecer a blindagem da mama, um órgão altamente radiosensíveis. A Blindagem de contato amoldada mostrado na figura é especificadamente usada para proteger as gônadas macho.

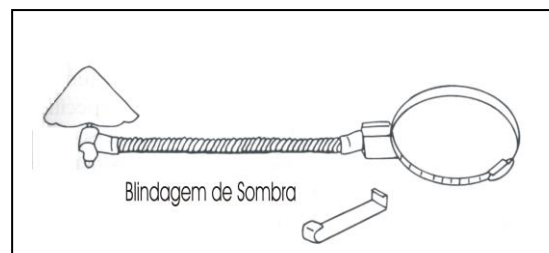
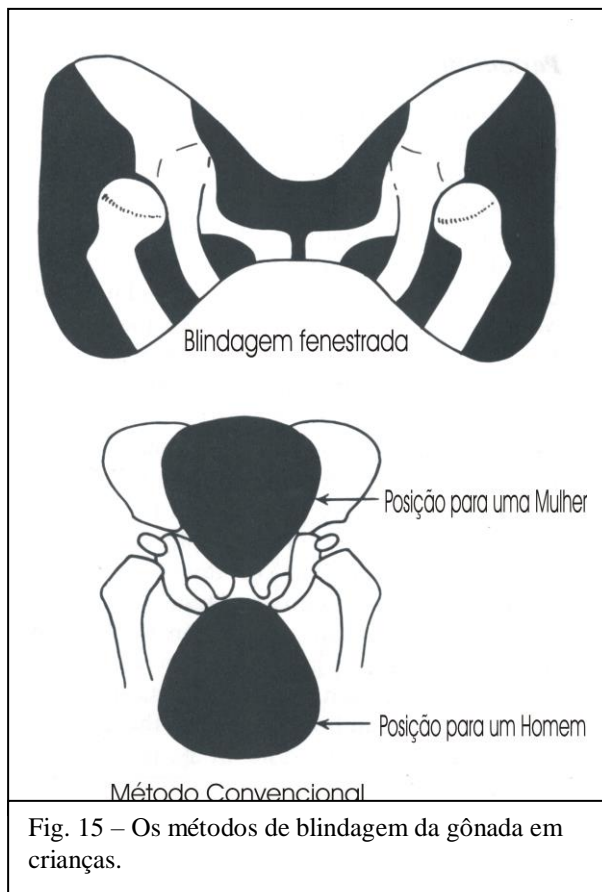


Fig. 14 Uma representação diagramática de uma blindagem de sombra.

Finalmente, a blindagem gonadal de criança pode melhor ser realizado através do método mostrado na figura 15.



Proteger a mama durante certos exames com raios – X tem sido defendido por alguns autores (Plaut, 1993; Bushong, 1993) devido a extrema sensibilidade da mama. A blindagem é sugerida especialmente quando o campo de raios – X está nas proximidades da mama (tal como no exame do trato urinário, úmero superior, cinta do ombro, Espinha torácica, clavícula, abdômen, e exames de escoliose em criança).



Orientação ao Paciente

A posição do paciente durante um exame radiográfico é um outro fator que afeta a dose no paciente. Vários autores rem reportado uma redução da dose para órgãos específicos, dependendo do posicionamento. Por exemplo, Wooton (1993) reportou que posicionando o crânio em PA reduziria a dose para os olhos por ~95% comparada com a posição AP. similarmente, a dose para as mamas das fêmeas seria reduzida por ~95% com posicionamento

PA comparado com posicionamento AP. Além disso, Bushong (1993) reportou uma redução de dose da mama de ~1% da projeção AP quando exames de escoliose em crianças são feitos na projeção AP.

Heriard et al. (1993) encontrou que a projeção PA na radiografia da espinha lumbar resultou em uma redução de dose de 17% para a tireóide e 200% para os olhos, ovários, úteros, e testes, comparados com a projeção AP. além disso, a projeção PA também resulta em uma exposição de entrada na pele é 52% menor do que a projeção AP. Este resultado levou o autor a sugerir que exames na espinha lombar seja feito na posição prone que é melhor do que na posição supine.

5. Fatores na Fluoroscopia

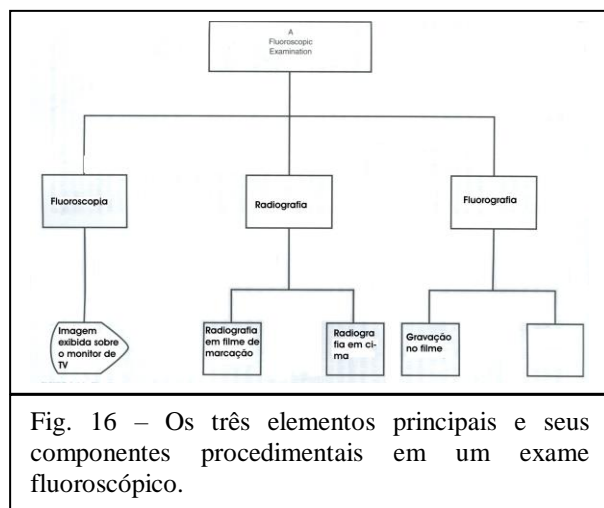
O NCRP (1989) apontou que exames em fluoroscopia resulta em doses maiores para o paciente do que na maioria dos exames radiográficos. Além disso, Bushong (1993) reportou que exposição ocupacional do pessoal é maior em fluoroscopia por causa dos níveis de exposição serem relativamente alto. Por esta razão, é mandatário que o técnico tenha um bom entendimento dos fatores que afeta a dose na fluoroscopia.

Elementos principais em um Exame fluoroscópico.

Fluoroscopia é um procedimento de imagem dinâmico que permite ao radiologista avaliar não somente o detalhe anatômico, mas bem como fisiológico.

Um exame fluoroscópico envolve pelo menos três elementos principais: fluoroscopia, radiografia e fluorografia. (Os elementos procedimentais são mostrados na fig. 16). Enquanto fluoroscopia é usado para exibir imagens em tempo real sobre um monitor de televisão e requer produção





continua de raios –X, Radiografia inclui duas componentes. A primeira envolve gravar imagens radiograficamente (chassis filme / écran) usando o dispositivo de filme-ponto. Nesta situação, um filme cassete é introduzido para o campo de exposição do dispositivo do filme-ponto e o interruptor do sistema dos fatores fluoroscópico (corrente de tubo baixo) para fatores radiográficos (corrente de tubo alta), o qual são usados para criar a imagem sobre um filme de formato grande. A segunda componente da radiografia é aquela da “cabeça por cima” geralmente feitas pelo técnico após o radiologista ter completado a porção fluoroscópica do exame. Estes cabeças em cima são tomados sobre filme de formato largo usando os fatores técnicos de exposição radiográfico e Bucky. Fluorografia, por outro lado, refere-se a registrar imagem (durante um exame fluoroscópico) para um filme cine (filme de 35 mm) ou filme foto-ponto (rolo 100-105 mm ou filme corte) com uma câmera cine ou uma câmera foto-ponto, respectivamente, usando fatores de exposição fluoroscópico.

Além disso, esses três elementos de um exame fluoroscópico, em virtude de suas imagens características (i.e., requerimento de exposição, geometria do feixe, sensibilidade do receptor de imagem) contribui para a dose total para o paciente sob fluoroscopia.

A diferença fundamental de imagens entre fluoroscopia e radiografia tem sido descrito anteriormente. Essencialmente, todas dos fatores gerais que afetam a dose em radiografia (i.e., colimação, filtração, DFI, processamento, grade, blindagem gonadal) aplicado igualmente bem como para fluoroscopia; entretanto, há outros fatores específicos somente para fluoroscopia. Estes incluem fatores de exposição fluoroscópica, fatores de instrumentação fluoroscópica, e fatores relacionados a condução do exame.

Fatores de Exposição fluoroscópica

Fatores técnicos de exposição fluoroscópico são usados para produzir imagens que podem ser exibidas para ser vista sobre um monitor de televisão e gravado para um filme cine (filme rolo de 35 mm) ou para filme foto-ponto (filme cortado ou rolo de 100 mm ou 105 mm). Nesta situação, as imagens são registradas fora da tela do tubo intensificador de imagem por meio do distribuidor de imagem. Estes fatores são geralmente baixo mA e alto kvp, com uma faixa de 1-3 mA e 65 – 120 kVp, dependendo do exame. Por exemplo, um enema de bário de único contraste requer uma faixa de 110-120 kvp, enquanto uma faixa de 50-90 kVp é aceitável para um enema de bário de contraste duplo (contraste de ar) Bushong, 1993).

O tempo de exposição em fluoroscopia pode variar de minutos para horas (Pattee et al., 1993) dependendo sobre o exame. Por exemplo, cateterização cardíaca feito por cardiologistas podem levar até 5 horas de fluoroscopia. (Bieze, 1993). Este tempo de exposição pode resultar em uma ampla faixa de dose para a pele e órgãos internos. Um estudo recente dos riscos da radiação para pacientes sob angioplastia coronária transluminal percutânea encontrou que a média da exposição de entrada na pele do paciente por angioplastia foi 32,0 mC/kg



(124 R). Na luz desta exposição alta, é importante para limitar o tempo de feixe-ligado (tempo de fluoroscopia) através da prática de fluoroscopia intermitente (reforço curto de tempo de feixe-ligado) é melhor do que fluoroscopia contínua. Adicionalmente, cada unidade fluoroscópica é equipada com um temporizador acumulador não somente para manter rastro do tempo de exposição fluoroscópico, mas para lembrar o radiologista a cada período de 5 minutos de exposição produzindo um sinal audível interrompendo a produção dos raios – X.

Fatores de Instrumentação Fluoroscópica

Esses fatores são referentes aos fatores dos equipamentos de fluoroscopia que afetam a dose, incluindo os fatores técnicos gerais (por exemplo, colimação, filtração, distância fonte-superfície) e fatores específicos (por exemplo, fluoroscopia pulsada, controle de taxa de dose automática). Nesta seção, somente os fatores específicos serão esclarecidos: a fluoroscopia pulsada, o controle de fluoroscopia de alto nível, a magnificação, a manutenção da última imagem, as técnicas de gravação de imagem (como em cine fluoroscopia, gravação em câmera pontual e gravação em vídeo tape), e a fluoroscópica de braço-C.

Fluoroscopia pulsada – Os sistemas de fluoroscopia pulsada permite que a radiação seja produzida em pequenas rajadas (pulsos) ao invés de ser produzida continuamente. Os sistemas que podem pulsar o feixe em <10 pulsos por segundo podem resultar em cerca de 90% menos exposição comparados aos sistemas não pulsáveis.

Controle de Alto Nível de Fluoroscopia – O Controle de Alto Nível (HLC), uma das características da maioria das máquinas de fluoroscopia, gera uma alta taxa de dose que pode ser conseguida com exposição convencional. Uma maior taxa de dose tende a melhorar a qualidade da imagem reduzindo o

ruído. Uma seleção de taxa de dose maior dobra a dose do paciente se comparada com a seleção de baixa taxa de dose.

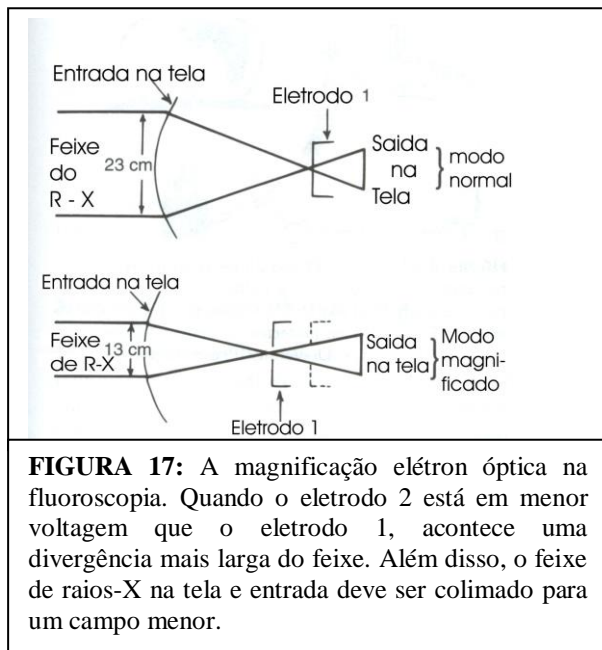
A FDA no capítulo 21 do Código Federal de Regulamentações especifica uma taxa de exposição máxima de 2.58 mC/Kg/min (10R/min) para unidades de fluoroscopia com controle de brilho automático (ABC).

Em um estudo feito por Cagnon et al (1991) sobre a fluoroscopia HLC, os investigadores encontraram que as taxas de exposição para as várias unidades de HLC variavam de 5.42 a 24 mC/Kg/min (21-93 R/min), com uma média de taxa de exposição máxima de 12.56 mC/Kg/min (48.7 R/min). Como foi mostrado pelo Dr. J. Thomas Payne, Diretor da Física Médica no Hospital Noroeste Abbot em Mineápolis (também membro da Faculdade Americana da Comissão de Radiologia em Física), “uma vez que se excede 40 a 50 R por minuto, esses são feixes de terapia e não feixes diagnósticos”.

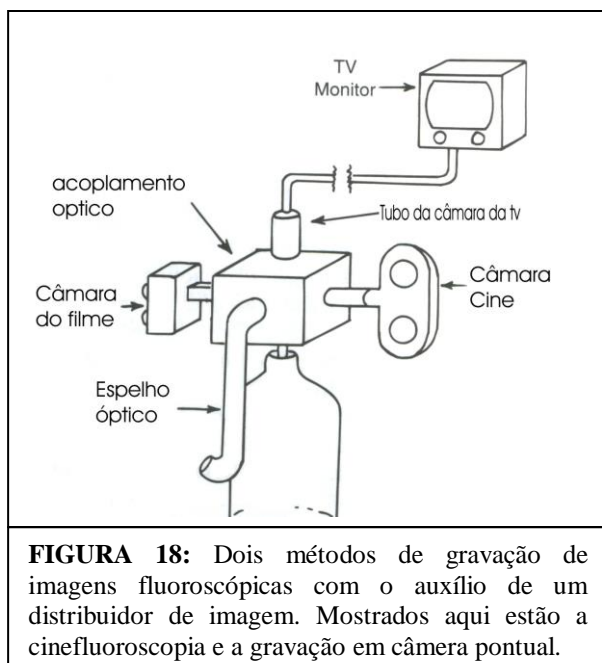
Grades – Enquanto as grades melhoram o contraste da imagem na fluoroscopia, a remoção da grade em frente do intensificador de imagem pode reduzir a dose de radiação por um fator de 2.

Magnificação – A magnificação da imagem, ou mais especificamente a magnificação elétron ótica (figura 15) é possível com intensificadores de multicampos. A magnificação prejudica a claridade da imagem no monitor de televisão porque existe uma diminuição no ganho de magnificação que resulta em um decréscimo no número de fotoelétrons colidindo com a tela de saída do intensificador de imagem. Para manter constante o nível de brilho no monitor de televisão o mA na fluoroscopia é aumentado automaticamente e subsequentemente pode duplicar a taxa de dose original.





Manutenção da Última Imagem – Este é um termo usado em imagens de fluoroscopia que podem ser mantidas gravadas digitalmente e posteriormente visualizadas em um monitor de televisão sem precisar de fluoroscopia contínua. Os sistemas com equipamentos de manutenção da última imagem reduzem a dose no paciente reduzindo o tempo total de fluoroscopia. Em 50-80%.



Técnicas de Gravação de Imagem – A gravação das imagens fluoroscópicas pode ser acompanhada pelo uso de várias técnicas, duas das quais estão ilustradas na figura 16. Essas técnicas, a cinefluoroscopia e a gravação em câmera pontual, capturam a imagem da tela de saída do intensificador de imagem via distribuidor de imagem que dirige a luz da tela de saída para o equipamento de gravação específico durante um exame.

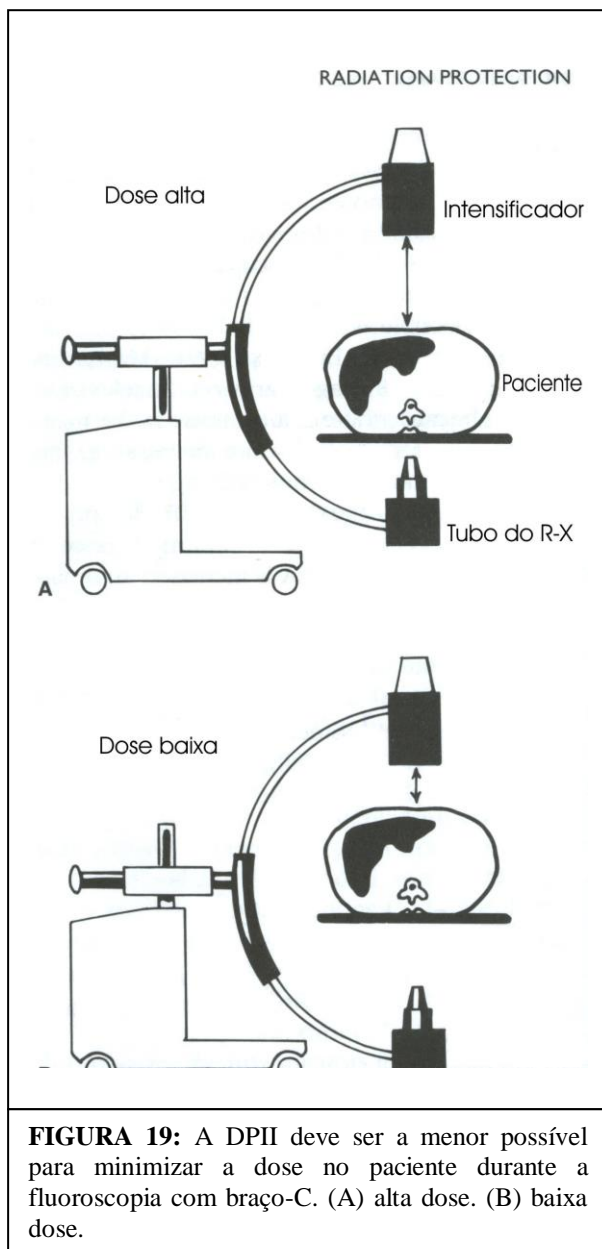
Enquanto a câmera pontual usa um filme separado de 100 mm ou rolo de filme de 105mm com a exposição ocorrendo em taxas de uma das imagens individuais do filme de 6 a 12 imagens por segundo a câmera de cinefluoroscopia utiliza um filme cinematográfico de 35mm com a exposição ocorrendo em taxas de uma das imagens individuais do filme de 30 a 120 imagens por segundo. Um ponto importante para se observar com relação à dose no paciente é que com o aumento da frequência de imagens, a dose de radiação aumenta. Quando comparado com filmes cassetes e com filmes de grande formato (que requerem fatores técnicos de exposição) as técnicas de cinefluoroscopia e câmera pontual reduzem a dose por um fator de 5 a 10.

Finalmente, fitas de vídeo podem ser usadas para gravar imagens fluoroscópicas em situações nas quais não é necessária uma alta qualidade na gravação. Neste caso, existe uma redução de dose em um fator de 5 comparado com as técnicas de gravação baseadas no filme.

Fluoroscopia de Braço-C – A máquina de fluoroscopia com braço-C é usada frequentemente na sala de operação e algumas vezes em cardiologia para inserção de marca-passos cardíacos. Fora os vários fatores técnicos que afetam a dose durante a fluoroscopia com braço-C (por exemplo, o tempo de exposição fluoroscópico, os fatores de exposição fluoroscópicos, filtração), um fator importante que afeta a



dose é a distância do paciente ao intensificador de imagem (DPII). Ela deve ser a menor possível para reduzir a dose no paciente como ilustrado na figura 19.



Condução do Exame Fluoroscópico

A condução do exame fluoroscópico está associada com três elementos mostrados na figura 14. Ela envolve tanto o técnico quanto o radiologista que devem fazer todo o possível para garantir que o paciente receba a menor quantidade de radiação.

Foi sugerido que durante a fluoroscopia o radiologista em um esforço para reduzir a dose no paciente deve:

1. Colimar o feixe para os menores tamanhos de campo.
2. Evitar utilizar magnificação.
3. Evitar o uso de grades durante o procedimento.
4. Evitar o uso de fluoroscopia com controle de alto nível.
5. Utilizar o equipamento de manutenção da última imagem se este estiver disponível.
6. Utilizar fluoroscopia intermitente.
7. Ficar atento sobre o tempo cumulativo da fluoroscopia.

O técnico, por outro lado, é responsável por conduzir a parte radiográfica do exame, além de executar outras funções como explicar o exame ao paciente, preparação do contraste (bário, por exemplo), assistir ao paciente durante o procedimento, auxiliar o radiologista durante a fluoroscopia (mudando as fitas no dispositivo adequado) entre outras.

Ao executar o exame radiográfico o técnico deve prestar atenção no seguinte:

1. Obter todas as fitas para as projeções antes do exame.
2. Preparar todas as técnicas de exposição radiográfica antes de posicionar o paciente.
3. Assegurar que o posicionamento está correto e que o paciente tenha entendido as instruções de respiração.
4. Proteger o paciente através de colimação e blindagem gonadal quando tal blindagem não interfira no conteúdo do exame.
5. Utilizar DFI e angulação do feixe correta.
6. Garantir o posicionamento correto dos marcadores na fita.



As tarefas acima representam algumas das atividades que acelerarão a condução do exame fluoroscópico e resultarão em diminuição da possibilidade de repetição do exame.

6. Fatores na Tomografia Computadorizada

Os valores de dose em TC para os diferentes tipos de exame serão discutidos no capítulo 5. Enquanto a dose na pele é maior na TC que na radiografia a dose é menor que nos exames fluoroscópicos. Em geral as doses em TC são relativamente altas. Portanto, o técnico deve fazer todo o possível para entender os fatores que afetam a dose e tentar minimizar a dose do paciente durante o exame de TC.

Os fatores que afetam a dose na TC são aqueles relacionados não só com os parâmetros do feixe, mas também com os parâmetros da imagem.

Parâmetros do feixe de raios-X

Os fatores relacionados com os parâmetros do feixe de raios-X e aqueles que afetam a dose no paciente incluem o kVp, o mAs, a filtração, a colimação, a distância fonte-superfície, a movimentação do tubo, e a eficiência do detector. Os primeiros cinco fatores afetam a dose como foi descrito anteriormente neste capítulo. A movimentação do tubo se refere ao caminho do tubo de raios-X e dos detectores durante a captação dos dados. A movimentação do tubo afeta especificamente a distribuição da dose no paciente. Para aqueles scanners que rodam 360°, a dose é distribuída uniformemente sobre a superfície do paciente.

A eficiência do detector se refere à habilidade do detector de TC capturar todos os fótons do feixe que são transmitidos através do paciente (eficiência de detecção) e convertê-los (eficiência de conversão) em um sinal útil (sinal elétrico). OS detectores com alta eficiência de detecção, como os detectores de tungstato de cádmio, necessitam de menos dose para gerar a

imagem de TC que os detectores de ionização de gás, que possuem menor eficiência de conversão.

Parâmetros da Imagem

Os parâmetros da imagem que afetam a dose na TC incluem a relação sinal-ruído (SNR) que determina a resolução de contraste da imagem; a resolução espacial (e); e a espessura da fatia (h). A expressão algébrica simples que relaciona a dose (D) com esses três parâmetros de imagem é a seguinte:

$$D = K \left[\frac{SNR^2}{e^3 h} \right]$$

Onde K é uma constante.

Esta relação implica que:

1. A dose é diretamente proporcional ao quadrado do SNR (resolução de contraste). Para melhorar a resolução do contraste por um fator de 2 será necessário aumentar a dose por um fator de 4.
2. A dose é inversamente proporcional ao cubo da resolução espacial. Isto significa que para melhorar a resolução espacial por um fator de 2 a dose terá que ser aumentada por um fator de 8.
3. A dose é inversamente proporcional à espessura da fatia. Se a espessura da fatia for diminuída por um fator de 2 a dose deve ser aumentada por um fator de 2 para manter a mesma SNR.

Como o objetivo de um exame radiológico é obter uma ótima qualidade de imagem com a menor dose possível, o técnico e o radiologista devem trabalhar juntos na TC para acompanhar esse objetivo. A boa comunicação e entendimento entre o radiologista e o técnico sobre a natureza e a

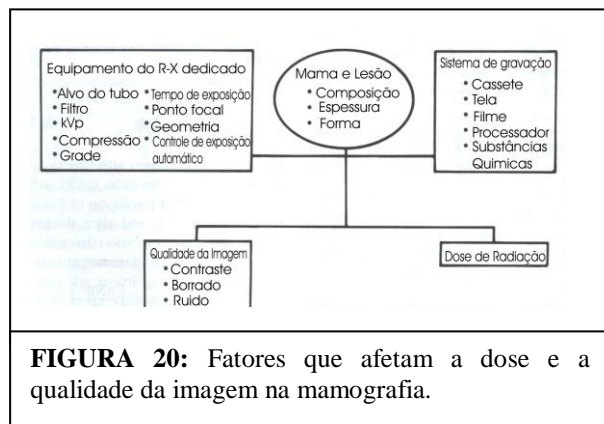


condução (incluindo os detalhes técnicos) da TC são ingredientes essenciais de um exame de TC satisfatório.

7. Fatores em Mamografia

No capítulo 5 a dose na mamografia será discutida em termos de parâmetros de dose (em exposição de superfície de ar, dose de superfície, dose na linha média, e a dose glandular média), medidas de dose, e estudos de dose. A dose de radiação na mamografia é importante para o técnico porque a mama feminina é muito sensível à radiação. Além disso, várias normas e recomendações foram instituídas para mamografia diagnóstica bem como para mamografia de detecção.

Os fatores que afetam a dose na mamografia estão ilustrados na figura 18 e incluem os fatores técnicos de exposição (kVp, mAs), alvo do tubo, filtração, ponto focal, tipo de receptor de imagem, processamento do filme, composição da mama e da lesão, espessura e forma bem como DFI.



QUESTÕES DE REVISÃO

- O(s) seguinte (s) afeta (m) a dose na radiografia:
 - Fatores técnicos de exposição (kVp e mAs).
 - Sensibilidade do receptor de imagem.
 - Posicionamento do paciente e processamento do filme.
 - Todas acima.
- OS componentes da exposição em fluoroscopia incluem todos os seguintes, exceto:
 - Os fatores de exposição técnicos de fluoroscopia (kVp, mAs).
 - O formato e o tipo dos filmes.
 - A técnica de magnificação.
 - Detectores de iodeto de sódio.
- Os componentes da exposição na TC que afetam a dose no paciente são:
 - Colimação do feixe e movimentação do tubo de raios-X.
 - Fatores técnicos (kVp, mA).
 - Filtração do feixe.
 - Todas acima.
- Os seguintes indivíduos desempenham um papel em determinar a dose no paciente exceto:
 - O médico do paciente
 - A enfermeira da radiologia
 - O técnico de raios-X
 - O radiologista.
- O papel do médico na radioproteção do paciente é:
 - Fornecer todos os dados clínicos.
 - Conduzir o exame do paciente.
 - Determinar quantas radiografias do paciente devem ser obtidas.
 - Proteger o paciente durante o exame.
- Quem tem a responsabilidade de proteger o paciente durante o exame que não envolve a fluoroscopia?
 - O médico do paciente.
 - O radiologista
 - O técnico
 - A enfermeira
- Qual é o papel principal do paciente durante o exame?
 - Posicionar a blindagem gonadal na posição correta.
 - Selecionar o tamanho de filme adequado.
 - Cooperar com a equipe para garantir um exame satisfatório.
 - Determinar o número de exposições a serem feitas.





8. Os fatores técnicos de exposição na radiografia incluem os seguintes, exceto:
- kVp.
 - mA
 - Tempo de exposição
 - Grade
9. A qualidade do feixe de radiação do tubo é determinada por:
- mA
 - tempo de exposição
 - kVp
 - mAs
10. A quantidade de radiação incidente no paciente é afetada por:
- mas
 - kVp
 - filtração
 - todas
11. Qual dos seguintes resulta em menor dose para o paciente em um exame radiográfico?
- Técnicas com alto kVp.
 - Técnicas com baixo kVp.
 - Técnicas com alto mAs.
 - Técnicas com baixo mAs.
12. Se o mAs for duplicado em uma radiografia a dose no paciente será:
- duplicada.
 - Aumentada por um fator de 4.
 - Diminuída por um fator de 4
 - Aumentada por um fator de 8.
13. Qual dos seguintes geradores daria menos dose para o paciente para determinado exame?
- fase única
 - trifásico
 - de alta frequência
 - O gerador de raios-X não tem efeito na dose do paciente.
14. A filtração do feixe de raios-X objetiva:
- aumentar a intensidade do feixe
 - reduzir a dose no paciente
 - aumentar a quantidade de fótons incidentes no paciente.
 - Diminuir o poder de penetração do feixe.
15. O tamanho do campo é:
- determinado pela colimação
 - coberto pelo feixe incidente no paciente
 - também chamado de campo de visualização
 - todas
16. A colimação pretende:
- melhorar a qualidade da imagem
 - proteger o paciente de radiação desnecessária
 - diminuir a radiação espalhada
 - todas
17. A colimação reduz a dose significativa geneticamente em:
- 65%
 - 50%
 - 10%
 - Não existe relação entre a colimação e a dose significativa geneticamente.
18. A dose de entrada no paciente é aumentada quando é usada uma distância fonte –receptor de imagem. _____.
- maior
 - menor
19. A dose no paciente aumenta:
- Com o aumento de espessura do paciente
 - Com o aumento da densidade tecidual
 - Com a diminuição da densidade tecidual e da espessura do paciente.
 - A e B estão corretas.
20. As superfícies de mesa feitas de materiais de fibra de carbono reduzirão a dose absorvida na pele em:
- 50%
 - 3-15%
 - 20-30%
 - 30-50%
21. Qual das seguintes relações de grade resultará em dose maior para o paciente?
- 6:1
 - 8:1
 - 12:1
 - 16:1
22. Qual dos seguintes resultará em dose mais alta para o paciente?
- grades com menores relações
 - grades com menores frequências
 - grades com alta seletividade
 - grades com baixa seletividade
23. O fator Bucky é:
- diretamente proporcional à dose do paciente.
 - Inversamente proporcional à dose do paciente.
 - Inversamente proporcional ao quadrado da dose do paciente.
 - Diretamente proporcional ao quadrado da dose do paciente.
24. Qual das seguintes pode gerar uma repetição de exame?
- erro no posicionamento do paciente.
 - Erro de técnicas de exposição
 - Erro de colimação
 - Todas





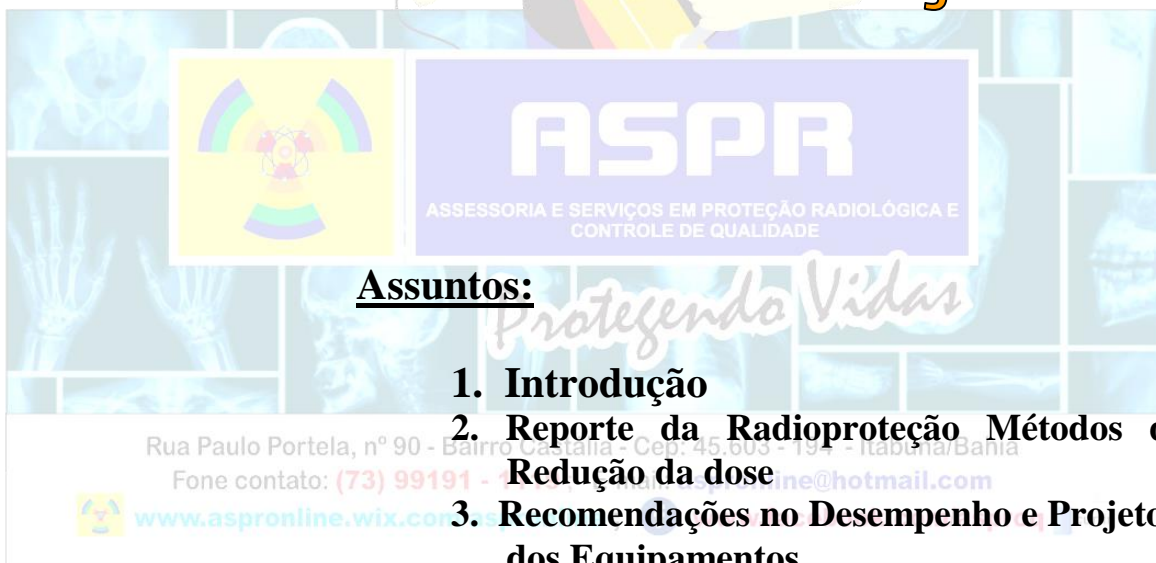
25. Reduzirá a dose geneticamente significativa a seguinte:
- evitar a repetição de exposição
 - técnicas de exposição melhoradas
 - educação e treinamento
 - todas
26. Uma blindagem de aproximadamente 1mm de chumbo equivalente reduzirá a dose gonadal para mulheres em cerca de:
- 10%
 - 99%
 - 90%
 - 50%
27. A blindagem gonadal objetiva proteger as gônadas do paciente de:
- radiação de vazamento
 - radiação espalhada
 - radiação primária
 - todas
28. A espessura das blindagens gonadais devem ser de no mínimo ____ de chumbo equivalente.
- 0.05mm
 - 0.5mm
 - 0.25mm
 - 0.5cm
29. A faixa de mA usada na fluoroscopia é de:
- 100-400 mA
 - 1-10 mA
 - 1-3 mA
 - 5-20 mA
30. A taxa máxima de exposição para a fluoroscopia de acordo a FDA é:
- 2.58 mC/Kg
 - 25.8 mC/Kg
 - 258 mC/Kg
 - 2.58 C/Kg
31. Qual dos seguintes influencia a dose na fluoroscopia?
- grades
 - magnificação
 - manutenção de última imagem
 - todas
32. Qual das seguintes frequências de imagem em fluoroscopia resultará na maior exposição para o paciente?
- 6 por segundo
 - 12 por segundo
 - 30 por segundo
 - 120 por segundo
33. Os seguintes fatores afetam a dose na fluoroscopia com braço-C:
- filtração
 - fatores técnicos de fluoroscopia
 - distância do paciente ao intensificador de imagem
 - todas
34. Os seguintes são parâmetros do feixe de raios-X em TC exceto:
- colimação
 - eficiência do detector
 - kVp e mAs
 - espessura da fatia
35. Os seguintes são parâmetros de imagem na TC exceto:
- relação sinal-ruído
 - espessura da fatia
 - resolução espacial
 - kVp e mAs
36. A dose na TC é:
- diretamente proporcional ao quadrado da relação sinal-ruído.
 - Inversamente proporcional ao cubo da resolução espacial
 - Inversamente proporcional á espessura da fatia
 - Todas
37. Para aumentar a resolução do contraste em um fator de 2 a dose aumentará por um fator de:
- 4
 - 2
 - 8
 - 1
38. Para duplicar a resolução espacial na TC é necessário um aumento na dose por um fator de:
- 4
 - 2
 - 8
 - 1
39. Na TC, se a espessura da fatia for diminuída por um fator de 2 a dose deve ser elevada por um fator de:
- 2
 - 4
 - 8
 - 1
40. Os seguintes fatores afetam significativamente a dose na mamografia exceto:
- kVp
 - material do alvo do tubo
 - ponto focal
 - filtração.





Capítulo - 3

Metodos de Redução de Doses: Guias e Recomendações



Assuntos:

1. Introdução
2. Reporte da Radioproteção Métodos de Redução da dose
3. Recomendações no Desempenho e Projetos dos Equipamentos
4. Recomendações para a Prática Pessoal
5. Recomendações para Grávidas em Radiografia
6. Recomendações para Garantia de Qualidade



1. Introdução

O capítulo abordou os conceitos de limites de dose, o mais importante dos princípios de radioproteção. Este capítulo explora as idéias básicas com relação a outros dois princípios, a justificativa e a otimização, mas somente em termos de normas e recomendações de radioproteção.

Os princípios de justificativa e otimização lideram métodos gerais de redução de dose e se relacionam essencialmente com decisões médicas e técnicas. Enquanto as decisões médicas são melhores tomadas pelo paciente e pelo médico dele, a decisão de um exame radiológico é uma decisão técnica e está no campo do radiologista e do técnico. As decisões técnicas se baseiam na escolha do equipamento e das técnicas para a condução do exame, com o objetivo de manter a dose tão baixa quanto for possível (ALARA).

2. Relatos de Radioproteção

No capítulo 1, vários relatos relacionados à radioproteção de interesse particular ao técnico foram identificados como base para estudos complementares. Enquanto vários desses relatos dizem respeito a tópicos gerais de radioproteção, outros são voltados especificamente para as normas e recomendações para radioproteção em radiologia diagnóstica. Esses relatos são compreensíveis e preparados por especialistas no campo da radioproteção. Os estudantes que fazem um esforço para consultar essas publicações de radioproteção não só ficam atentos para elas, mas também têm uma visão do vocabulário das normas atuais de vários guias e recomendações.

Neste capítulo, normas e recomendações selecionadas para redução de dose serão bastante bem explicadas pelo menos pelos seguintes três relatos:

1. Código de Regulamentações Federais (CFR). Título 21. *Padrões de performance para produtos que emitem radiação ionizante*. Washington, DC: E.U.A. Departamento de Serviços Humanos e de Saúde, Administração de Comidas e Drogas (FDA). 1992.
2. *Proteção para raios-X médicos, feixe de elétrons e raios gama para energias acima de 50 MeV: modelo de equipamento, performance e uso*. NCRP Publicação nº 102. 1989.
3. *Código de Segurança 20A. Equipamentos de raios-X em diagnósticos médicos. Parte A. Procedimentos de Segurança Recomendados para instalação e uso*. Bureau de Radioproteção e Saúde. Canadá. 1992.

Enquanto muitos países adotam as práticas atuais de radioproteção recomendadas pelo ICRP (1993), outros desenvolvem suas próprias recomendações em parceria com o ICRP e outras organizações de radioproteção nacionais e internacionais.

3. Métodos de Redução de Dose

Os fatores que afetam a dose em radiologia diagnóstica foram identificados e discutidos no capítulo 02. A redução da dose se baseia nos métodos e nas técnicas que se pretende variar nestes fatores como um esforço para minimizar a dose de radiação para os pacientes, a equipe e os membros da população. Esses métodos e técnicas são influenciados pelas normas e recomendações de grupos de conselhos nacionais e internacionais (ICRP, NCRP).

A redução da dose pode ser acompanhada de várias maneiras: no entanto, este capítulo diz respeito somente às recomendações relacionadas ao seguinte: (1) educação e



treinamento, (2) modelos de equipamentos e performance, (3) práticas da equipe, e (4) blindagem.

Não é a intenção desta apostila examinar os detalhes desses tópicos; portanto, somente os elementos mais comuns de cada um serão apresentados. Os estudantes devem se consultar com seus instrutores e se referirem as publicações de radioproteção específicas de seu país e regiões para completar este quadro.

Educação e Treinamento

Na publicação nº 33, o ICRP (1982) afirmou:

Nenhuma pessoa deverá operar equipamentos radiológicos sem competência técnica adequada, desenvolver procedimentos radiológicos sem conhecimento adequado de propriedades físicas e efeitos danosos da radiação ionizante (p. 18).

Esta recomendação especial é confirmada por organizações nacionais que fornecem normas para educação e treinamento de técnicos em radiologia. Além disso, várias organizações tecnológicas de radiologia profissional como a Sociedade Americana de Técnicos em Radiologia (ASRT) e a Associação Canadense de Técnicos em Radiação Médica (CAMRT), por exemplo, têm papel significativo no treinamento e na certificação dos técnicos, em um esforço para garantir que eles saibam padrões mínimos para prática clínica de radiografia. Esses padrões mínimos estão claramente definidos em radiografias curriculares dos técnicos em radiologia e permitem que os estudantes persistam nos estudos de física básica, instrumentação, anatomia e fisiologia, cuidados com o paciente, técnicas radiológicas e avaliação, patologia, radiobiologia, e radioproteção, após os quais se submetem a exames nacionais de certificação. O término com sucesso disso indica que o indivíduo está agora capaz de trabalhar com competência no departamento de radiologia diagnóstica.

A educação do técnico nunca cessa. A introdução contínua de novos equipamentos e técnicas dentro do departamento fornece ao técnico várias oportunidades para refinar e atualizar seus conhecimentos. De fato, a responsabilidade do técnico por atualizar-se nas regras e por se familiarizar com as inovações tecnológicas é encorajada pelo código de ética de várias organizações de profissionais. Por exemplo, o código de ética do ASTR diz que:

O técnico em radiologia continuamente se esforça para melhorar seu conhecimento e suas habilidades participando de atividades profissionais educativas, dividindo conhecimento com colegas e investigando os novos aspectos da prática profissional. Um meio pelo qual pode-se melhorar o conhecimento é através de educação profissional contínua.

A educação e o treinamento fornecem ao técnico com conhecimento habilidade e atitudes necessárias para reduzir a dose nos pacientes, membros da equipe de trabalho e membros do público.

Especificações dos Equipamentos

Todos os equipamentos usados em radiologia diagnóstica são fabricados de acordo a padrões firmados em vários atos governamentais e tem a intenção de otimizar a qualidade da imagem e proteger os pacientes e operadores de exposições desnecessárias à radiação. Por exemplo, nos Estados Unidos, a FDA tem um papel importante na regulação da fabricação dos equipamentos sob o ato de Controle de Radiação Saúde e Segurança de 1968. Além disso, a FDA também estabelece os padrões de performance para equipamentos de raios-X. No Canadá, por outro lado, as especificações dos equipamentos devem estar de acordo com os requisitos de dois atos, o ato de Comidas e Drogas (sob



Regulamentações de Equipamentos Médicos), que diz respeito à segurança e utilidade do equipamento, e o ato de Equipamentos Emissores de radiação (sob as Regulamentações de Emissores de Radiações), que lida com pesquisas de modelo e de performance para segurança. O fabricante tem a responsabilidade de garantir que o equipamento possua os requisitos para essas regulamentações.

O tópico de redução de dose pelo modelo do equipamento e pela performance será elaborado na seção seguinte deste capítulo.

Práticas da Equipe de Trabalho

Outro aspecto de técnicas de redução de dose se relaciona à maneira pela qual os técnicos desenvolvem os exames nos pacientes. Esta performance é governada pela aderência aos princípios de radioproteção incluindo a filosofia ALARA e as normas e recomendações para desenvolver o exame. Os técnicos devem sempre se esforçar para adquirir excelência na radioproteção praticando pessoalmente todas as regras de segurança e as regulamentações com intenção de proteger não só o paciente, mas também os operadores e outras pessoas da equipe, bem como os membros do público.

As recomendações para redução de dose por práticas da equipe serão discutidas posteriormente no capítulo porque elas são elementos importantes em um programa de radioproteção. Além disso, este tópico é advindo do código de ética de várias organizações profissionais. Por exemplo, o código de ética da ASRT, no princípio nº 7, diz que:

O técnico em radiologia utiliza equipamentos e acessórios, emprega técnicas e procedimentos, desenvolve serviços de acordo com um padrão aceitável de prática, e demonstra experiência em limitar a exposição do paciente, a sua própria e a de outros membros da equipe de saúde.

Justamente por isso, o código de ética do CAMRT requer que cada membro da Associação deverá:

Conduzir os procedimentos técnicos com devida consideração aos padrões atuais de radioproteção.

Praticar somente aqueles procedimentos para os quais possui qualificações necessárias a menos que tais procedimentos tenham sido propriamente delegados por uma autoridade médica e para o qual o técnico tenha recebido treinamento para um nível aceitável de competência.

Blindagem

A blindagem que é conseguida com um ou dois métodos, ainda é outro meio de reduzir a dose de radiação absorvível. O capítulo 4 se refere ao uso de barreiras protetoras (paredes) colocadas entre a fonte de radiação (tubo de raios-X) e o indivíduo exposto. Área blindada específica, por outro lado, se refere ao uso de blindagens de chumbo sobre os órgãos radiosensíveis como as gônadas e as mamas.

4. Recomendações Sobre Modelos de Equipamentos e Performance

As recomendações e regras para as especificações de equipamentos (modelo e performance) desempenham um importante papel na redução de dose para os pacientes e para a equipe. Essas recomendações foram desenvolvidas para equipamentos de radiologia e fluoroscopia, unidades de mamografia e de tomografia, e equipamentos de tomografia computadorizada. Estão além da extensão deste capítulo listar todas essas recomendações; somente as mais comuns para equipamentos de radiologia e de fluoroscopia serão revisadas sucintamente nesta seção. O estudante deve consultar



documentos apropriados para maiores detalhes sobre as recomendações relevantes a seu país.

Equipamento de Radiografia: Recomendações Gerais

As recomendações gerais para modelo de equipamentos incluem o uso de sinais de aviso, rótulos, luzes indicadoras e medidoras a garantia de estabilidade mecânica, de controle de exposição, de filtração, de indicação de exposição; e o uso de fatores técnicos e de blindagem do tubo de raios-X, para mencionar somente alguns. Os equipamentos deveriam ser fabricados de forma que o operador tenha uma visão ampla de todos os sinais de aviso, os rótulos, os medidores e o painel de controle. A localização do ponto focal deve também ser marcado no abrigo do tubo. A filtração deve ser marcada na cabeça do tubo e a filtração mínima permanente inerente deve ser indicada. Além disto, existem requisitos específicos para a filtração permanente total, que será discutida na próxima seção.

Outra recomendação geral de importância para o técnico diz respeito ao controle de exposição e à blindagem do tubo de raios-X. O controle de exposição se refere ao botão de exposição e ao contador (timer), que são usados, respectivamente, para iniciar e interromper a exposição do paciente. Para radiografia e fluoroscopia, o botão de exposição deve ser do tipo “homem-morto”, que significa que o operador deve aplicar pressão contínua para ativar a exposição.

Para equipamentos fixos de radiografia, a posição do botão de exposição é do tipo que o operador deve permanecer na cabine de controle durante a exposição. Além disso, os contadores de exposição devem estar precisos dentro de $\pm 5\%$ do tempo selecionado.

As recomendações sobre a blindagem do tubo de raios-X têm a intenção de listar a radiação de vazamento do tubo de raios-X. O NCRP (1989) recomendou que a radiação de vazamento

medida a 1 m do tubo não excedesse 0.1 centigray (cGy) por hora.

Equipamento de Radiografia: Recomendações Específicas

Além dessas recomendações gerais, existem recomendações específicas vitais para a prática da radioproteção. Elas são as seguintes:

- **Colimação e alinhamento do feixe**

A FDA, no título 21 CRF (1992), recomendou que para colimação em uma distância fonte- receptor de imagem (DFI) de 100 cm, o tamanho de campo mínimo deve ser $\leq 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ e o campo de raios-X deve estar alinhado dentro de 2% da DFI no meio do receptor de imagem. Para sistemas com colimação automática ou limitação positiva de colimação (PBL), o técnico não será capaz de realizar uma exposição se o tamanho do campo de raios-X for maior que o tamanho do receptor de imagem em $>3\%$ da DFI. Um sistema e anulação deve ser fornecido para permitir que o técnico colime para o tamanho do receptor de imagem ou menor que este.

A radiação de vazamento do colimador é tão importante quanto o vazamento do tubo de raios-X, e por isso, a recomendação é de que o colimador deve oferecer o mesmo nível de blindagem (atenuação) que o envoltório do tubo.

- **Filtração**

A filtração tem intenção de proteger o paciente (capítulo 2) e as recomendações são bem específicas para feixes diagnósticos de raios-X, dependendo do kVp usado. Por exemplo, a filtração mínima total necessária no feixe útil deve ser a seguinte: (NCRP, 1989; Saúde e Bem-Estar – Canadá, 1992)



1. 0.5mm de alumínio (Al), quando o tubo de raios-X é operado abaixo de 50 kVp.
2. 1.5mm Al, quando o tubo é operado entre 50 e 70 kVp.
3. 2.5mm Al, quando o tubo é operado acima de 70 kVp.

Essas filtrações devem ser permanentemente montadas sobre o envoltório do tubo ou colimador.

- **Distância fonte superfície (DFS)**

A DFS na radiografia influencia a dose no paciente e assim o NCRP (1989) recomendou que:

A DFS não deverá ser menor que 30 cm e não deveria ser menor que 38 cm. Note: Para radiografias onde considera-se a superfície como a mesa, a DFS não deveria ser menor que 100 cm. Para radiografias da parte superior direita do tórax a DFS não deverá ser menor que 180 cm (p. 20).

- **Reprodutibilidade de Exposição**

Quando os mesmos fatores técnicos são usados repetidamente, o rendimento da intensidade de radiação deverá ser o mesmo para todas as exposições. Isto é o que é chamado de reprodutibilidade de exposição. Para alcançar as recomendações para reprodutibilidade, a intensidade de rendimento não deve ser maior que $\pm 5\%$ da média das intensidades de uma série de 10 exposições.

- **Linearidade de Exposição**

A combinação de diferentes seleções de mA e tempo para produzir valores constantes de mAs deverá produzir intensidades de rendimento de radiação constantes (mR/mAs). Isto é chamado de linearidade de exposição. Para equipamentos de radiografia, as recomendações necessitam de que as intensidades de rendimento para seleção de mA adjacentes não varie mais que 10%.

Equipamento Móvel de Radiografia

A maioria das recomendações de modelo para equipamentos de radiografia fixos (blindagem do tubo, localização do ponto focal, filtração, colimação, sinais de alerta, luzes indicadoras e contadores, contadores de tempo de exposição) se aplicam igualmente bem aos equipamentos móveis de radiografia. Por exemplo, a recomendação para colimação na radiografia móvel é a seguinte:

O equipamento móvel de radiografia deverá ser equipado com colimadores ajustáveis contendo luzes localizadoras que definem as bordas do campo total. A diferença entre o comprimento de cada extremidade do feixe de raios-X e cada margem do campo luminoso não deverá ser maior que 2 por cento da distância da fonte ao receptor de imagem (NCRP, 1989, p. 25).

Um requisito específico para equipamento móvel de radiografia que é fundamentalmente diferente do equipamento fixo de radiografia é o interruptor de exposição. A recomendação é:

O botão de exposição nas unidades móveis de radiografia deverá ser posicionado de tal forma que o operador possa permanecer pelo menos a 2 m de distância do paciente, do tubo de raios-X e do feixe útil (NCRP, 1989, p. 25).

Equipamento Fluoroscópico

Controlar os fatores que afetam a dose na fluoroscopia (capítulo 2) pode reduzir significativamente a dose tanto para o paciente como para a equipe envolvida. Ainda que as recomendações de modelo para equipamentos de fluoroscopia sejam discutidas em detalhes no título CFR 21 (FDA, 1992), este subtítulo esclarece somente alguns requisitos importantes. Entre eles estão os absorvedores diretos do feixe, a intensidade do rendimento da radiação, a filtração, a colimação, a distância fonte



superfície, o interruptor de exposição, o contador cumulativo, a cortina protetora do dispositivo do filme, e a blindagem da abertura do Bucky.

• Absorvedor Direto do Feixe

Todas as unidades de fluoroscopia devem possuir um absorvedor direto do feixe, também chamado de barreira protetora primária, permanentemente construído dentro da unidade. O propósito desta barreira primária é limitar a exposição durante a fluoroscopia. Se esta barreira for removida em qualquer momento a exposição terminará. De acordo com as recomendações da FDA de 1992, a barreira garante que a exposição não exceda 0.002 cGy/h a 10 cm do receptor de imagem.

• Intensidade de Saída da Radiação (rendimento)

A taxa de exposição na fluoroscopia deveria não ser <5 cGy/min e deverá ser <10 cGy/min a menos que controle de alto nível seja usado. Um tom contínuo e audível deve ser ouvido quando o controle de alto nível é usado em um exame de fluoroscopia.

• Filtração

Como a fluoroscopia é geralmente feita com kVp maior que 70, a filtração total permanente deve ser de no mínimo 2.5 mm Al equivalente.

• Colimação

Para colimação em fluoroscopia o NCRP (1989) recomendou especificamente que:

Um colimador ajustável deverá ser fornecido para restringir o tamanho do feixe à área de interesse.

1. O tubo de raio-X e o sistema de colimação deverão estar unidos com o dispositivo do receptor de imagem para que o feixe fique centrado nele. O feixe deveria estar confinado dentro da área útil do receptor

em todas as distâncias fonte receptor de imagem.

2. Para radiografias com filme pontual (pontilhado), as janelas devem automaticamente mudar para o tamanho de campo necessário antes de cada exposição (p. 15).

• Distância Fonte Superfície (DFS)

Quando o tubo de raio-X está perto do paciente, a dose na pele deve aumentar e por isso é recomendado um limite na DFS. As recomendações são de que a DFS não deverá ser <30 cm para fluoroscopia móvel e não deve ser <38 cm para equipamento fixo de fluoroscopia.

• Interruptor de Exposição

Como nos equipamentos radiográficos, o botão de exposição na fluoroscopia, mesmo que seja interruptor de pedal ou botão no dispositivo do filme, deve ser do tipo “homem-morto”.

• Contador de Tempo Cumulativo

A recomendação para este tipo de contador é a seguinte:

Um dispositivo cumulativo de tempo, ativado pelo interruptor de exposição, deverá ser fornecido. Ele deverá indicar por sinal audível e/ou visual, obviamente para que está realizando o procedimento, a passagem de um período pré-determinado de tempo de irradiação que não exceda 5 minutos. O sinal deveria durar no mínimo 15 segundos e neste tempo o contador deve ser resetado manualmente (NCRP, 1989, p. 15).

• Cortina Protetora do Dispositivo do Filme

A distribuição de radiação espalhada durante a fluoroscopia é ilustrada na figura 1.

1. Isto pode aumentar significativamente



a dose para a equipe durante um exame de fluoroscopia. Uma cortina protetora de dimensões não menores que 45.7 cm X 45.7 cm fixada ao dispositivo do filme minimizará a dose para a equipe blindando a radiação espalhada acima da superfície da mesa. Para proteção adequada, a cortina deveria ter no mínimo 0.25 mm de chumbo equivalente. No Canadá, a recomendação exige um chumbo equivalente de não menos que 0.5 mm a 100 kVp.

Existem algumas situações (por exemplo, em um mielograma) onde não é possível se usar a cortina protetora de chumbo. Nesses casos, é recomendado que uma blindagem retrátil de chumbo de altura de no mínimo 15 cm da superfície da mesa e de no mínimo 0.15 mm de chumbo equivalente para 100 kVp. Esta blindagem retrátil deve ser montada no lado da mesa onde o operador permanece para usar o filme durante o exame.

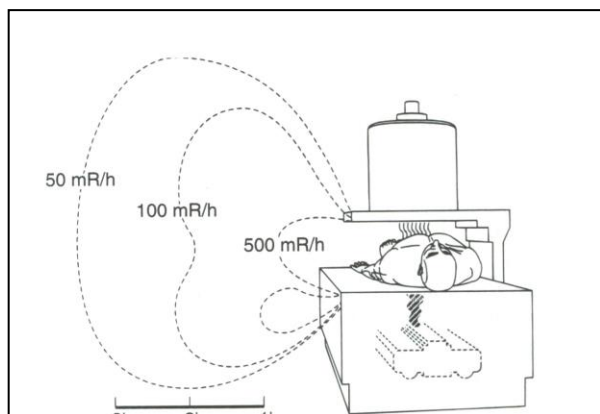


FIGURA 01: A distribuição da radiação espalhada durante o exame de fluoroscopia sem a cortina protetora de chumbo montada no dispositivo do filme.

- **Blindagem da Abertura do Bucky**

Outro aspecto do equipamento de fluoroscopia criado para minimizar a radiação espalhada para a equipe durante a fluoroscopia é a blindagem da abertura do Bucky. A blindagem deve ser parte do equipamento e deveria ser de

no mínimo 0.25 mm de chumbo equivalente (figura 01 do capítulo 02).

5. Recomendações para Práticas da Equipe

As práticas da equipe simplesmente se referem às tarefas de desenvolvimento de um exame radiológico que foi prescrito pelo médico do paciente. Essas práticas têm a intenção de proteger o paciente e a equipe de radiação desnecessária. Esta seção se refere às recomendações mais comuns para a proteção do paciente e da equipe bem como regras gerais para redução de dose gonadal.

Proteção da Equipe

Na proteção da equipe de irradiação desnecessária o objetivo é manter as exposições abaixo dos limites recomendados (capítulo 01) através de adesão à filosofia ALARA. Acompanhando este objetivo estão várias recomendações, não apenas na operação do equipamento, mas também no desenvolvimento do procedimento. Alguns exemplos são os seguintes:

- **Pessoas na sala de Raios-X**

Nenhum indivíduo deve estar presente na sala de raios-X durante a exposição. Os indivíduos cuja presença é necessária devem estar protegidos por alguma forma de blindagem (aventais protetores e luvas ou barreiras móveis protetoras).

- **Portas para as salas de Raios-X**

Quando as salas estão ocupadas por pacientes, todas as portas devem ser mantidas fechadas. Como as portas para as salas de raios-X são blindadas, elas oferecem algum nível de proteção para os



indivíduos fora da sala nas proximidades da porta.

- **Distância**

A equipe deve permanecer tão longe quanto for possível do feixe útil de radiação. A equipe não deve ser exposta ao feixe útil. Durante radiografia móvel, o operador deve permanecer pelo menos 2 m de distância longe da máquina de raios-X (incluindo o tubo de raios-X) e do paciente. No Canadá a distância recomendada é de 3 m.

- **Segurando os Pacientes**

O NCRP (1989) especificamente recomendou que:

Nenhuma pessoa deveria segurar rotineiramente os pacientes durante exames diagnósticos. Quando um paciente tiver que ser amparado para permanecer em uma posição para a radiografia, um suporte mecânico ou um dispositivo de descanso deveria ser usado. Se o uso de instrumentos mecânicos não for possível e for necessário um apoio humano, o indivíduo que segura o paciente deve ser escolhido de maneira que as doses cumulativas se mantenham em níveis aceitáveis. Mulheres grávidas ou pessoas com menos de 18 anos não devem ser permitidas para segurar pacientes. Se um paciente tiver que ser apoiado por alguém, este indivíduo deverá estar protegido com dispositivos de blindagem apropriados como luvas e aventais protetores. O posicionamento deve ser feito de forma que nenhuma parte do torso do indivíduo, mesmo que coberta por roupa protetora, deve ser atingida pelo feixe útil, assim o corpo do indivíduo deve estar o mais longe possível do feixe útil (p. 22, 23).

- **Cabine de Controle**

Todos os operadores devem permanecer dentro da cabine de controle durante a exposição. Eles devem ter uma visão livre do paciente e estar capaz de se comunicar sem deixar a cabine. Nos procedimentos nos quais os operadores devem permanecer ao lado do paciente, roupas protetoras devem ser usadas.

- **Uso de Dosímetros Pessoais**

Os dosímetros pessoais são sempre usados no nível da cintura ou no nível superior do tórax, ao lado do esterno, durante os procedimentos de radiografia. Na fluoroscopia, quando aventais protetores são usados o dosímetro deve ser usado fora do avental no nível do pescoço, uma recomendação do Conselho dos Diretores do Programa de controle de Radiação (CRCPD). É interessante notar que no Canadá esta recomendação diz que “o dosímetro pessoal deve ser usado sob o avental”.

Nos procedimentos nos quais as extremidades dos operadores são submetidas a altas exposições, como na angiografia, é recomendado que dosímetros adicionais sejam usados na extremidade para monitorar essas exposições.

- **Roupas Protetoras**

As roupas protetoras que o texto faz referência são os aventais, luvas e blindagens de tireóide. Aventais protetores são geralmente feitos de vinil impregnado de chumbo e usados durante a fluoroscopia e alguns procedimentos de radiografia. Eles estão disponíveis em vários tamanhos e formas e têm diferentes espessuras de chumbo equivalente. Na tabela 01 várias características dos aventais de chumbo são dadas. Um importante característica é a percentagem de atenuação oferecida por cada espessura de chumbo equivalente em vários níveis de kVp. A partir da tabela 01 é claramente aparente que com o aumento da espessura de chumbo equivalente a percentagem de atenuação aumenta para o mesmo valor de kVp. Por exemplo, a percentagem de atenuação fornecida por um avental de 0.5mm de espessura de chumbo equivalente é 75%,



enquanto ela é de 94% para um avental de 1mm de espessura de chumbo equivalente no mesmo valor de kVp.

TABELA 01: Várias características de aventais protetores usados pela equipe e por outros indivíduos no departamento de radiologia.

Espessura Equivalente (mm Pb)	Peso(Kg)	Atenuação de raios-x pelo kVp de operação		
		50	75	100
0.25	1.36-4.54	97	66	51
0.50	2.72-6.8	99.9	88	75
1.00	5.44-11.34	99.9	99	94

O NCRP (1989) recomendou que:

Aventais protetores de no mínimo 0.5 mm de chumbo equivalente deverão ser usados na sala de fluoroscopia por todas as pessoas (exceto o paciente). As pessoas que circulam na sala durante o procedimento deveriam usar uma vestimenta protetora ao redor de todo o corpo. (p. 18)

Luvas protetoras são usadas principalmente quando as mãos dos operadores (e os indivíduos segurando pacientes) serão expostas ao feixe útil ou se elas estiverem nas imediações do feixe primário. Luvas de chumbo de no mínimo 0.25 mm de chumbo equivalente devem ser usadas para fornecer algum nível de atenuação e assim proteger a mão da exposição. A respeito disso, o NCRP (1989) recomendou que:

A mão da pessoa que realiza a fluoroscopia não deverá estar posicionada no feixe útil a menos que o feixe seja atenuado pelo paciente e uma luva protetora de no mínimo 0.25 mm de chumbo equivalente seja usada. (p.18)

As recomendações para aventais protetores e luvas no Canadá são de no mínimo 0.5 mm e 0.25 mm de chumbo equivalente respectivamente (Bureau de Saúde e Radioproteção –Canadá, 1992)

As blindagens de tireóide são atualmente usadas por indivíduos que realizam a fluoroscopia para proteger o pescoço e a glândula tireóide de exposição à radiação devida ao espalhamento.

Essas blindagens estão disponíveis comercialmente e fornecem atenuação equivalente a no mínimo 0.5 mm de chumbo.

Proteção dos Pacientes

A radiologia diagnóstica é a maior exposição artificial para a população; portanto, é absolutamente necessário reduzir a dose para os pacientes sem comprometer a qualidade do exame. O objetivo também é guiado por várias recomendações e procedimentos direcionados ao técnico, ao radiologista e ao médico do paciente (que prescreve o exame) como um esforço para minimizar a exposição do paciente.

Existem várias recomendações gerais para guiar os técnicos e radiologistas na manutenção do exame, e elas se relacionam a fatores que afetam a dose discutidos no capítulo 2. Alguns exemplos delas são as seguintes:

- **Seleção da Técnica**

Várias agências de proteção à radiação defendem o uso do mais alto kVp sem comprometer a qualidade do exame porque técnicas com alto kVp resultam em menores doses para o paciente. Além disso, o uso de contadores de tempo de exposição automático é recomendado para garantir que as exposições e os exames repetidos sejam mantidos mínimos.

- **Filtração**

O técnico deve sempre garantir que uma filtração adequada seja usada e seja coerente com as especificações do exame. A filtração total permanente foi discutida no capítulo 2. O NCRP (1989) afirmou que:



Cuidados especiais deveriam ser tomados para garantir que uma filtração adequada e apropriada seja usada para todas as exposições radiográficas. (p. 23)

- **Colimação**

A colimação pretende proteger o paciente limitando o feixe primário à área anatômica de interesse. A recomendação para colimação implica que:

1. O feixe deve ser colimado à menor área de interesse, coerentemente com os objetivos do exame.
2. O feixe deve ser colimado ao tamanho do receptor de imagem ou menor.
3. A evidência de colimação deve ser vista no filme, isto é, as bordas do feixe útil devem estar visíveis no filme. Este requisito garante que somente a área de interesse foi exposta.

A colimação está sob controle direto do técnico (e do radiologista durante procedimentos de fluoroscopia) e todo esforço deve ser feito para garantir a colimação correta do feixe primário.

- **Distância Fonte Superfície (DFS)**

Ao desenvolver um exame de raios-X o técnico deve usar a máxima DFS coerente com os requisitos do determinado exame. Além disso, a melhor distância fonte receptor de imagem deve ser usada, baseada nos requisitos do exame.

- **Sensibilidade do Receptor de Imagem**

Como a sensibilidade do receptor de imagem afeta a dose do paciente a recomendação para minimizar a dose diz o seguinte:

Os filmes radiográficos, as telas intensificadoras e outros instrumentos de gravação de imagens deveriam ser tão sensíveis quanto for coerente com os requisitos do exame. (NCRP, 1989, p. 22)

A dose no paciente é inversamente proporcional à sensibilidade do receptor de imagem. Isto simplesmente significa que com o aumento da sensibilidade por um fator 2, a dose diminuirá

em 1/2. Em outras palavras, usar um sistema de filme com velocidade de 400 ao invés de um filme com 200 de velocidade reduz a exposição para o paciente em 50%.

- **Imobilização**

O uso de imobilização é refletido na recomendação para segurar os pacientes que diz que dispositivos de fixação devem ser usados. Desse modo, a repetição de exposição ao paciente pode ser evitada.

- **Blindagem**

A proteção de órgãos radiosensíveis por blindagem de chumbo é uma tarefa significativa do técnico durante um exame. O NCRP (1989), por exemplo, foi específico em recomendar que os olhos e as gônadas sejam blindados da exposição ao feixe útil.

Órgãos sensíveis (por exemplo, lente do olho, gônadas) deveriam ser protegidos quando forem ficar expostos ao feixe útil de tal modo que esta blindagem não elimine informações diagnósticas úteis ou tratamento apropriado. A blindagem não deve nunca ser usada como um substituto para colimação inadequada.

Comentário: A blindagem das gônadas com no mínimo 0.5 mm de chumbo (geralmente aventais de chumbo equivalente) deveria ser usada toda vez que pacientes em potencialmente férteis tiverem que receber irradiação direta nas gônadas durante o exame. A lente do olho deveria ser protegida (2 mm de chumbo – espessura normal de blindagem de olho) durante a tomografia que inclui o olho no feixe útil. Tal blindagem não é necessária se a projeção posterior-anterior for usada. O uso de projeções em PA na coluna torácica em uma distância fonte superfície aumentada deve ser reconsiderada em exames de mulheres para reduzir a dose nas mamas. (p. 8)

- **Fluoroscopia**

Ao desenvolver um exame de fluoroscopia, tanto o técnico como o radiologista são



responsáveis por garantir que a filosofia ALARA seja usada. As recomendações para fluoroscopia auxiliarão a equipe a minimizar a exposição do paciente. No apêndice A, 19 o NCRP tece recomendações para a equipe que desenvolve a fluoroscopia. O estudante deve notar como os termos *deverá* e *deveria* são usados nestas recomendações.

6. Recomendações para Radiografia na Gravidez

Desenvolver um exame radiográfico em mulheres grávidas é um tópico que demanda uma grande quantidade de atenção devido aos riscos aumentados para o embrião ou feto. A decisão de irradiar pacientes grávidas é do médico geralmente consultando o radiologista. O técnico desenvolve o exame sob liderança direta do radiologista.

Para radiografia de mulheres grávidas as recomendações mais comuns estão baseadas na regra dos 10 dias; exames eletivos; pôsteres sobre gravidez, blindagem, colimação e fatores técnicos; bem como o uso de ultra-som diagnóstico. Além disso, existem várias considerações sobre técnicas grávidas. Cada um desses tópicos será esclarecido resumidamente a seguir.

A regra dos 10 dias

O objetivo da regra dos 10 dias é prevenir exposição não intencional do embrião ou do feto. A recomendação com relação a isto foi feita pelo ICRP em 1970 e implica que se uma radiografia do abdômen ou da pelve em uma mulher grávida for necessária então ela deve ser feita durante os 10 dias seguintes ao início da menstruação porque é muito improvável que a mulher esteja grávida neste período. Bushong (1993) afirmou que esta regra esta “obsoleta” na prática atual da radiologia (com o conhecimento atual de radiobiologia); no entanto, se a gravidez for confirmada e o exame for necessário, todo

esforço deve ser feito para reduzir a exposição ao embrião ou feto.

Exames Eletivos

Um exame eletivo é aquele que não é necessariamente urgente e que pode ser realizado no período julgado mais satisfatório para as necessidades e a segurança da paciente. O NCRP (1989) recomendou que “a oportunidade de necessidades médicas” seja a primeira a se considerar quando se tratar de exames eletivos.

De forma ideal, um exame abdominal de uma mulher grávida deve ser executado durante os primeiros dias do início da menstruação para minimizar a possibilidade de irradiação no embrião. Na prática a oportunidade para necessidades médicas deveria ser a primeira consideração ao decidir o período para o exame (p. 8).

Pôsteres de Gravidez

Para evitar irradiação desnecessária ao embrião ou feto, sinais ou pôsteres que busquem obter informação sobre gravidez na paciente devem estar disponíveis. Eles devem aparecer em áreas do departamento onde possam ser claramente vistos (área da recepção, trocadores, salas de raios-X) por pacientes que se submeterão a exames.

A Técnica Grávida

Bushong (1993) apresentou uma excelente discussão de assuntos e considerações a respeito da técnica grávida. Este tópico também foi discutido por Archer (1994) e Dowd (1994) que indicaram a “divulgação de notícias para os empregados” e os “direitos legais de técnicas grávidas”, respectivamente. OS seguintes pontos são dignos de nota:

1. Uma técnica grávida deve notificar o departamento de radiologia de sua gravidez para que planos apropriados



- possam ser feitos para monitorar sua exposição à radiação. Além disso, a técnica deve ser aconselhada durante a gravidez enquanto continuar trabalhando.
2. Uma técnica grávida deveria possuir um segundo dosímetro, usado sob o avental no nível da cintura para monitorar a exposição do feto até o fim da gravidez. (Bushong, 1993)
 3. “Sob nenhuma circunstância a técnica deveria receber licença involuntária” (Bushong, 1993, p. 610)
 4. Não é necessário alterar a rotina de trabalho da técnica grávida, pois o limite equivalente de dose para o feto é de 5 mSv, um nível considerado “absolutamente seguro”. Além disso, Bushong (1993) indicou que os trabalhadores da fluoroscopia que são protegidos por aventais de chumbo não excedem 500 $\mu\text{Sv}/\text{ano}$. Ele também relatou que 95% desses trabalhadores recebem $<1 \mu\text{Sv}/\text{ano}$.

Blindagem, Colimação, e Técnica de Exposição

Quando uma decisão médica foi tomada para irradiar uma paciente grávida, é recomendado que o técnico: (1) use técnicas com alto kVp, (2) colime o feixe primário efetivamente e precisamente, e (3) posicione a blindagem gonadal precisamente na paciente para que não comprometa a qualidade do exame.

Uso de Ultra-som Diagnóstico

O ICRP (1993) e outras organizações de radioproteção recomendaram que a ultra-som deve ser usada para avaliação da maturação do feto e localização da placenta ao invés de radiografia diagnóstica.

7. Recomendações para Garantia de Qualidade.

O programa de garantia da qualidade (QA) é um tópico essencial do programa de radioproteção porque ele tem a intenção de monitorar atividades apropriadas em um departamento não

só com objetivo de reduzir custos, mas também, e muito importante, para manter uma qualidade ótima de imagem com uma dose mínima de radiação para os pacientes e para a equipe. O QA inclui áreas administrativas, educacionais e de manutenção preventiva bem como um controle de qualidade (CQ). O CQ lida especificamente com os aspectos técnicos da otimização da imagem com redução de dose.

A depender do tamanho do departamento de radiologia ele deve possuir um programa de QA no qual recomenda-se que os testes de CQ sejam feitos em todos os equipamentos radiológicos incluindo os fotográficos, radiográfico, fluoroscópicos e procedimentos especiais. Enquanto alguns desses testes são diários, é recomendado que outros sejam realizados mensalmente, semestralmente e anualmente. Por exemplo, é recomendado que para os equipamentos radiográficos os seguintes testes sejam realizados anualmente: filtração, feixe de raios-X, Bucky, e centro de movimento, perpendicularidade do feixe e precisão do indicador de DFI, indicadores visuais, proteção de sobrecarga, kVp, contadores de exposição, mR/mAs, linearidade, reprodutibilidade de exposição, alinhamento da grade e modelo da onda de rendimento dos raios-X (NCRP, 1988), mencionando apenas alguns.

Para equipamentos fotográficos, é recomendado que os seguintes testes de QC sejam realizados diariamente: sensitometria do processador, fixadores químicos, processamento de lavagem do filme e temperatura da água ed lavagem, filtros de água, taxa de reposição, e limites de standby da processadora. (NCRP, 1988)





QUESTÕES DE REVISÃO

1. Os métodos de redução de dose e as técnicas têm a intenção de minimizar a dose de radiação para:
 - a) Pacientes
 - b) Equipe
 - c) Membros do público
 - d) Todas as alternativas

2. Qual dos seguintes indivíduos podem operar equipamentos de raios-X?
 - a) Técnicos em Radiologia
 - b) Radiologistas
 - c) Físicos treinados em propriedades físicas e efeitos danosos da radiação ionizante.
 - d) Todas as alternativas

3. Para equipamentos de radiografia e fluoroscopia fixos, o botão de exposição deve:
 - a) Ser do tipo “homem-morto”
 - b) Permitir ao operador manter-se na cabine de controle durante a exposição
 - c) Estar a uma distância de no mínimo 2 m.
 - d) A e B estão corretas

4. Para equipamentos de radiografia fixos o contador de exposição deve estar preciso dentro de:
 - a) $\pm 0.5\%$ do tempo selecionado
 - b) $\pm 5\%$ do tempo selecionado
 - c) $\pm 25\%$ do tempo selecionado
 - d) $\pm 0.05\%$ do tempo selecionado

5. O NCRP recomendou que o tubo de raios-X deve ser blindado para que a radiação de vazamento medida a 1 m de distância do tubo não exceda:
 - a) 0.1 centigray (cGy) por hora
 - b) 1 cGy por hora
 - c) 10 cGy por hora
 - d) 0.1 cGy por hora

6. A FDA recomenda que o tamanho mínimo de campo a 100 cm de DFI deve ser:
 - a) $>5\text{cm} \times 5\text{cm}$
 - b) $\leq 5\text{cm} \times 5\text{cm}$
 - c) $\leq 5\text{cm} \times 5\text{cm}$
 - d) $\leq 2\%$ da área de um filme de dimensões 8 x 10 polegadas.

7. A FDA recomenda que o tamanho do campo de raios-X deve estar alinhado dentro de ___ da DFI no meio do receptor de imagem.
 - a) 5%
 - b) 25%
 - c) 0.2%
 - d) 2%

8. A filtração mínima total do feixe útil acima de 70 kVp é de:
 - a) 0.5 mm alumínio (Al) equivalente
 - b) 1.5 mm Al equivalente
 - c) 2.5 mm Al equivalente
 - d) 2.5 cm Al equivalente

9. O NCRP recomendou que a distância fonte imagem para radiografias onde a superfície considerada é a mesa não devem ser:
 - a) $<38\text{ cm}$
 - b) $<100\text{ cm}$
 - c) $<180\text{ cm}$
 - d) $<40\text{ cm}$

10. As recomendações para reprodutibilidade de exposição é que a intensidade não deve ser maior que ___ da média das intensidades de uma série de 10 exposições.
 - a) $\pm 10\%$
 - b) $\pm 1\%$
 - c) $\pm 2\%$
 - d) $\pm 5\%$

11. Para linearidade de exposição as recomendações requerem que as intensidades de rendimento para valores próximos de mAs não devem variar mais que:
 - a) 10%
 - b) 5%
 - c) 2%
 - d) 1%

12. O NCRP recomendou que a distância da exposição para radiografias móveis deve ser de no mínimo:
 - a) 1 m de distância
 - b) 2.5 m de distância
 - c) 3 m de distância
 - d) 2 m de distância

13. A filtração total permanente na fluoroscopia deve ser de no mínimo:
 - a) 2 mm Al equivalente
 - b) 1.5 mm Al equivalente
 - c) 2.5 mm Al equivalente
 - d) 4.0 mm Al equivalente





14. Em unidades fixas de fluoroscopia a distância fonte superfície não deve ser de menor que:
- 30 cm
 - 38 mm
 - 38 cm
 - 30 mm
15. A cortina de chumbo protetora pendente do dispositivo do filme deve ter dimensões de não menos que:
- 45.7 cm X 45.7 cm
 - 45.7 mm X 45.7 mm
 - 30 cm X 30 cm
 - 50 cm X 50 cm
16. A cortina referida na questão anterior deve ter espessura de chumbo equivalente de no mínimo:
- 5 mm
 - 25 mm
 - 0.5 mm
 - 0.25 mm
17. A blindagem da abertura do Bucky deve ser de no mínimo ____ de chumbo equivalente.
- 0.25 mm
 - 0.5 mm
 - 0.25 cm
 - 2 mm
18. No Canadá a distância recomendada para o operador durante a radiografia móvel é de:
- 1 m do aparelho de raios-X
 - 2 m do aparelho de raios-X
 - 3 m do aparelho de raios-X
 - 10 m do aparelho de raios-X
19. Os seguintes podem ser usados na imobilização do paciente exceto:
- Dispositivos mecânicos restritivos
 - Um voluntário de 17 anos de idade
 - Uma mulher grávida
 - B e C estão corretas.
20. Qual dos seguintes se aplica com relação à cabine de controle?
- O técnico deve permanecer na cabine durante a exposição
 - A visão do técnico para o paciente não deve estar obstruída
 - O técnico pode ser comunicar com o paciente sem deixar a cabine.
 - Todas as alternativas.
21. O Conselho dos Diretores do Programa de Controle de radiação (CRCPD) recomendou o seguinte com relação ao uso de dosímetros pessoais:
- Eles podem ser usados no nível da cintura durante a radiografia.
 - Eles podem ser usados no nível superior do tórax (ao lado do esterno) durante a radiografia.
 - Durante a fluoroscopia quando um avental de chumbo é usado, os dosímetros podem ser usados fora do avental no nível do pescoço.
 - Todas as alternativas.
22. De acordo ao NCRP, a espessura de chumbo equivalente para aventais protetores usados na fluoroscopia é:
- 1 mm
 - 0.25 mm
 - 0.5 mm
 - 2.5 mm
23. A recomendação do NCRP para luvas protetoras usadas em fluoroscopia é de:
- 1 mm de chumbo equivalente
 - 0.25 mm de chumbo equivalente
 - 0.5 mm de chumbo equivalente
 - 2.5 mm Al equivalente
24. A recomendação do NCRP para blindagem de tireoide durante a fluoroscopia é:
- 0.5 mm de chumbo equivalente
 - 0.25 mm de chumbo equivalente
 - 1 mm de chumbo equivalente
 - 2.5 mm Al equivalente
25. Em termos de técnica de exposição, qual das seguintes resultará em menos dose para o paciente?
- Alto mA e baixo kVp
 - Alto mAs e baixo kVp
 - Alto mAs e alto kVp
 - Baixo mAs e alto kVp
26. Qual dos seguintes é verdadeiro quando a colimação é usada para proteger o paciente?
- O feixe deve ser colimado à menor área de interesse.
 - O feixe deve ser colimado ao tamanho do receptor de imagem ou menor
 - A evidência de colimação deve ser vista no filme.
 - Todas as alternativas
27. Qual dos seguintes tem por objetivo proteger o paciente?
- colimação
 - filtração
 - Blindagem de órgãos radiosensíveis
 - Todas as alternativas.





28. Se a sensibilidade do receptor de imagem for duplicada a dose para o paciente será:
- reduzida pela metade
 - reduzida por um fator de 4
 - aumentada por um fator de 2
 - aumentada por um fator de 4
29. Se um exame é feito com um receptor de imagem de 400 ao invés de um receptor de 200 de velocidade, a dose para o paciente será:
- reduzida por 100%
 - reduzida por 50%
 - aumentada por um fator de 2
 - A dose não está relacionada com a velocidade do receptor de imagem
30. Qual dos seguintes deve ser protegido quando exposto ao feixe útil?
- Olhos
 - Gônadas
 - Tireoide
 - Todas as alternativas
31. As seguintes afirmativas se aplicam para radiografia em mulheres grávidas exceto:
- Exames abdominais eletivos em mulheres em idade fértil deve ser feito durante os primeiros dias a partir do início da menstruação. (NCRP, 1989)
 - Os pôsteres sobre gravidez devem ser fixados no departamento de radiologia
 - Uma mãe grávida pode segurar um bebê durante o exame radiográfico
 - Uma técnica grávida deve informar o departamento de sua gravidez.
32. Quando uma mulher grávida tem que se submeter a um exame radiográfico:
- Técnicas de alto kVp devem ser usadas.
 - Colimação precisa do feixe é essencial.
 - A blindagem gonadal deve ser cuidadosamente posicionada para que ela não interfira na qualidade do exame.
 - Todas as alternativas.





Capítulo - 4

Blindagem Protetora em Radiologia Diagnóstica

Assuntos:

1. Introdução
2. Categorias de blindagens protetoras
3. Barreiras protetoras
4. Fatores que afetam a espessuras das barreiras
5. Materiais das blindagens
6. Determinação das espessuras das barreiras
7. Blindagem do tubo dos raios – X
8. Guia de blindagem para áreas de armazenagem dos filmes
9. Métodos alternativos para projetos de blindagem





1. Introdução

Enquanto os técnicos fazem o melhor uso do tempo e dos fatores de distância pa proteger os indivíduos da exposição à radiação, “a blindagem limita a exposição da equipe reduzindo a taxa de dose”. (Turner, 1986). Além disso, Martin e Harbison (1979) sugeriram que a blindagem é “o método preferível porque resulta em condições de proteção intrínsecas para o trabalho, pois a confiança na distância ou no tempo de exposição devem envolver controle administrativo contínuo sobre os trabalhadores”. (p. 89)

Essas idéias geram uma razão fundamental para incluir os princípios de blindagem em um curso de radioproteção para os técnicos em radiologia. Este capítulo explora duas categorias de blindagem protetora: a blindagem da fonte e a blindagem estrutural. Em particular, os fatores que afetam os requisitos para blindagem estrutural são descritos, e dois métodos para determinar a espessura de barreiras primárias são abordados. Finalmente, o capítulo se encerra com uma rápida descrição da blindagem do tubo de raios-X (blindagem da fonte) bem como de regras para blindagem em filmes de raios-X.

2. Categorias da blindagem Protetora

Na figura 01 um modelo típico de um departamento de radiologia é ilustrado. O modelo inclui as salas de raios-X, os escritórios, as salas de espera, os vestiários e assim por diante. Enquanto algumas dessas salas estarão ocupadas tanto com pacientes quanto por pessoas da equipe do departamento (técnicos e radiologistas) outras serão ocupadas somente por pacientes (vestiários e salas de espera) e outras serão ocupadas somente por pessoas da equipe (escritórios, por exemplo). Além disso, devem existir escritórios e outras instalações (sala de estoque, restaurantes, playground) próximas das salas de raios-X.

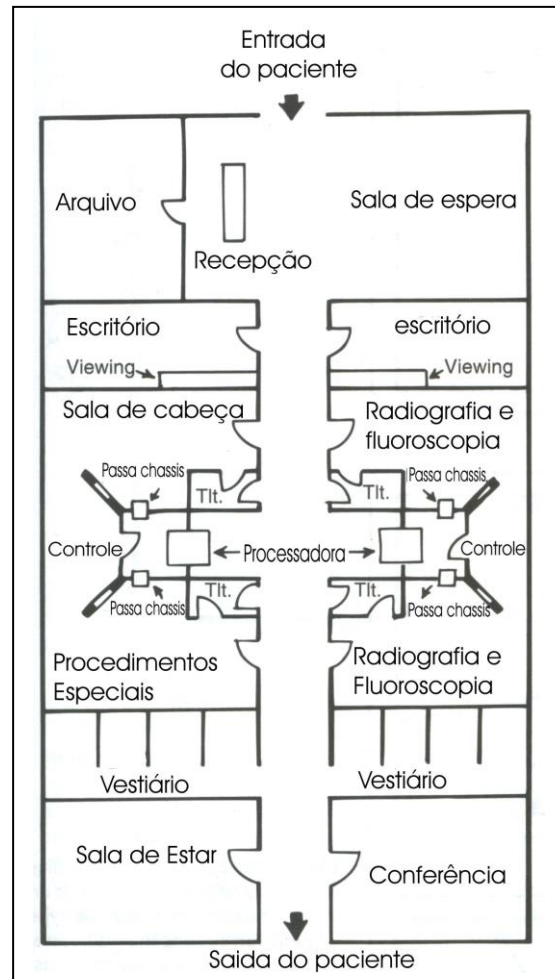


FIGURA 01: Um modelo básico de um departamento de radiologia mostrando o layout das áreas normalmente ocupadas por pacientes e pela equipe de trabalho.

As paredes de um departamento de radiologia diagnóstica devem ser blindadas para proteger os indivíduos fora das salas de raios-X de radiação originada das salas de raios-X. Além disso, os indivíduos dentro das salas de raios-X devem ser protegidos também. Essas considerações resultaram em dois tipos de blindagens protetoras: a blindagem da fonte e a blindagem estrutural.

Blindagem da Fonte

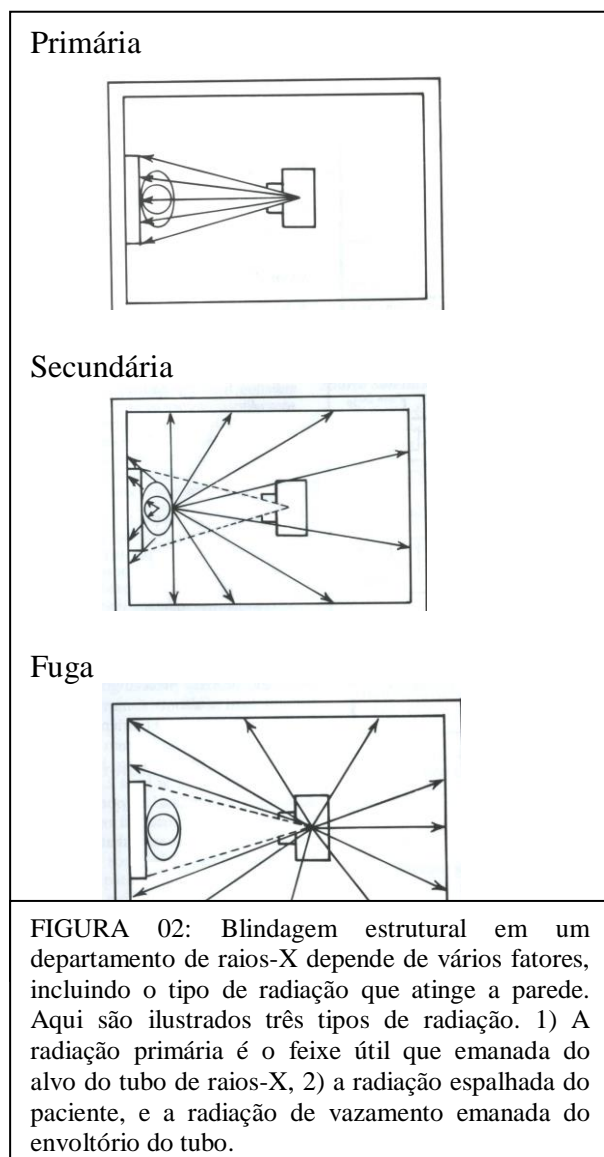
A blindagem da fonte se refere ao envoltório de chumbo do tubo de raios-X, que é feito para oferecer proteção contra a



radiação que vaza através deste envoltório. A radiação de vazamento é discutida posteriormente neste capítulo.

Blindagem Estrutural

A blindagem estrutural diz respeito às paredes com chumbo da sala de raios-X no departamento, que são feitas para proteger os indivíduos da radiação primária, espalhada e da radiação de vazamento (Fig. 02). Especificamente, a blindagem estrutural tem a intenção de manter os limites de dose (capítulo 01) para os indivíduos dentro de parâmetros estabelecidos.



O modelo da blindagem é influenciado por diversos fatores, incluindo as áreas ocupadas por várias pessoas. Com relação a isso, dois tipos de áreas foram identificados: (1) áreas controladas – áreas rotineiramente ocupadas por pessoas que lidam com radiação que estão sujeitos a um limite de dose ocupacional de 1 mSv por semana; (2) áreas livres – áreas ocupadas por pessoas que não trabalham com radiação (qualquer pessoa) que estão sujeitas a um limite de dose de 0.1 mSv por semana.

Para áreas controladas a blindagem estrutural deve reduzir a taxa de exposição (exposição dividida pelo tempo) fora da área, advinda da radiação primária, para $<26 \mu\text{C}/\text{Kg}$ por semana. Para áreas livres a blindagem deve reduzir a taxa de exposição fora da área, advinda de radiação de vazamento e de espalhamento, para $2.6 \mu\text{C}/\text{Kg}$ por semana.

3. Barreiras Protetoras

As paredes forradas com chumbo do departamento de radiologia são comumente chamadas de barreiras protetoras porque elas são fabricadas para proteger os indivíduos que estão fora das salas de raios-X de irradiação desnecessária. Existem dois tipos de barreiras protetoras: barreiras primárias e barreiras secundárias. A base para classificação depende do tipo de radiação que atinge a parede.

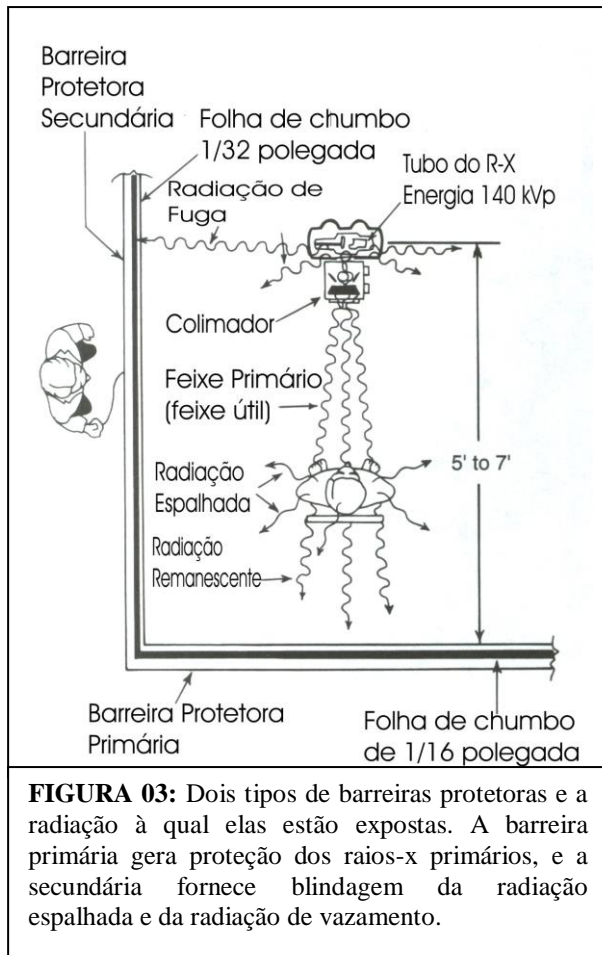
Barreiras Protetoras Primárias

Se uma parede é atingida por radiação primária (o feixe útil) ela é chamada de barreira protetora primária.

Barreiras Protetoras Secundárias

Uma parede que é exposta a radiação secundária (vazamentos do tubo de raios-X e radiação de espalhamento a partir do paciente) é chamada de barreira protetora secundária.





Essas barreiras e o tipo de radiação ao qual são expostas estão ilustradas na figura 03. Os seguintes tópicos devem ser levados em conta quando se consideram barreiras protetoras:

1. A direção do feixe primário é perpendicular à barreira protetora primária.
2. A barreira secundária é paralela à direção do feixe primário.
3. A radiação de vazamento e de espalhamento podem atingir ambas as barreiras em todas as direções.
4. A depender da energia do feixe primário, as barreiras protetoras primárias são preenchidas com chumbo de cerca de 1.6 mm de espessura, enquanto as barreiras secundárias são geralmente preenchidas com cerca de 0.8 mm de espessura de chumbo.

5. A altura das barreiras protetoras (a partir do chão) devem ser de no mínimo 2.1 m.
6. Onde as barreiras primárias e secundárias se encontram (figura 03) elas devem sobrepor-se por no mínimo 1.3 cm para que tais barreiras formem uma linha reta.

Cabine de Controle

A cabine de controle é uma consideração importante no modelo e na blindagem estrutural de um departamento de raios-X por duas razões:

1. Ela protege o painel de controle e o interruptor de exposição, que geralmente está localizado no painel de controle (figura 04). O interruptor é propositalmente posicionado dentro da cabine e fabricado para não funcionar a menos que o técnico esteja dentro da cabine de controle durante as exposições.



FIGURA 04: A cabine de controle de uma sala de raios-X deve ser blindada para proteger os operadores durante a exposição. A cabine de controle também abriga o painel de controle.

2. Ela serve para proteger o técnico da radiação espalhada e de vazamento. As paredes da cabine de controle são, portanto, consideradas como barreiras secundárias.



A localização da cabine de controle na sala de raios-X é tão significativa quanto sua construção. O Bureau de Radioproteção e Saúde no Canadá recomenda, por exemplo:

- (a) Posicionar a cabine de controle de tal forma que a radiação, quando possível, deva ser espalhada duas vezes antes de entrar na cabine. Nas instalações onde o feixe útil deve ser direcionado através da cabine, a blindagem da cabine deve ser de barreira primária.
- (b) Posicionar a cabine de controle para que durante uma exposição ninguém possa entrar na sala sem conhecimento do operador. (RPB, 1992, p. 15)

A janela de visualização é uma característica principal da cabine de controle (Figura 05). A janela é feita de vidro com chumbo e é posicionada de forma que permita ao técnico observar o paciente e o equipamento durante a exposição.

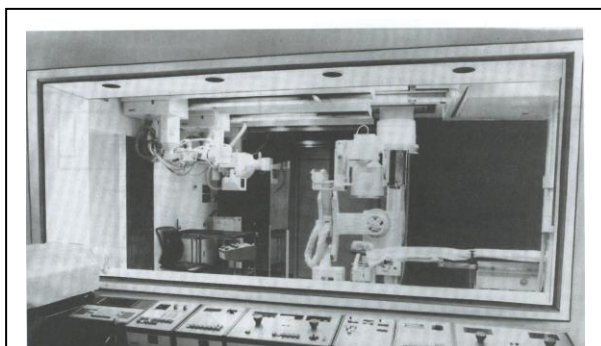


FIGURA 05: A janela de visualização da cabine de controle é feita de maneira que permita ao técnico observar o paciente e o equipamento durante a exposição.

As paredes e a janela de visualização da cabine de controle devem fornecer blindagem para a radiação de maneira que a exposição para a equipe de trabalho não seja >1 mSv/ semana. O vidro com chumbo da janela de visualização geralmente tem uma equivalência de 1.5 mm de chumbo.

4. Fatores que Afetam a Espessura das Barreiras

Vários fatores desempenham papéis na determinação da espessura das barreiras protetoras para instalações diagnósticas. Eles estão ilustrados na figura 06 e incluem o limite de dose, a carga de trabalho, o fator uso, o fator ocupacional, a distância, a energia da radiação, e o fator de atenuação. Cada um desses fatores, são analisados resumidamente em seguida.

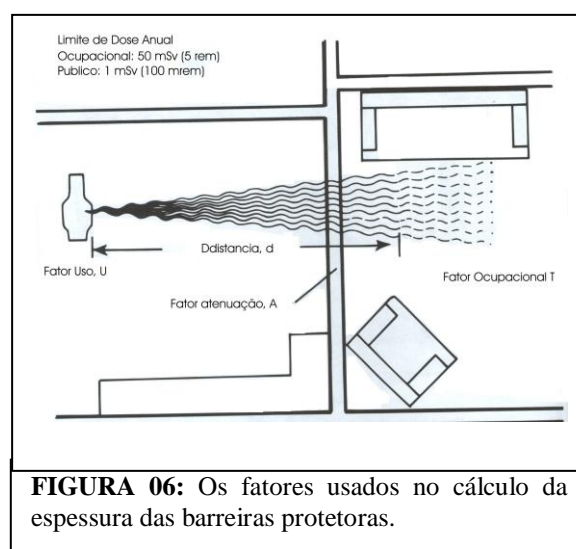


FIGURA 06: Os fatores usados no cálculo da espessura das barreiras protetoras.

Limite de Dose

Para concluir a espessura das barreiras é importante conhecer o limite de dose ocupacional para áreas controladas e para áreas livres. Como mencionado anteriormente, os limites semanais necessários para o cálculo são de 1 mSv/ semana e 0.1 mSv/ semana para áreas controladas e livres respectivamente.

Carga de trabalho

A carga de trabalho (W) se refere à quantidade de uso da unidade de raios-X.



Especificamente, ela se refere ao tempo que o tubo de raios-X é energizado durante a semana (carga de trabalho semanal); portanto, ela levam em consideração a *miliamperagem (mA)*, e a *kilovoltagem (kVp)* e a *carga diária de pacientes*.

A carga de trabalho pode ser calculada usando a seguinte relação:

$$W = \frac{(\text{mAs/paciente}) \times (\text{n}^\circ \text{ de pacientes/hora})}{\frac{x (\text{n}^\circ \text{ de horas/semana})}{60 \text{ minutos}}}$$

Onde W = carga de trabalho em mA-min/semana.

Exemplo

Uma determinada sala de alta voltagem (120 kVp) para exames de tórax de um departamento é projetada para suportar 40 pacientes por hora. Se o mAs total por paciente (2 filmes, póster anterior e lateral) é cerca de 10, qual é a carga de trabalho semanal para esta sala?

Você deve assumir que uma semana de trabalho inclui 5 dias com 8 horas diárias.

Solução

Usando a relação

$$W = \frac{10 \times 40 \times (5 \times 8)}{60}$$

$$= \frac{16000}{60} = 266.6 \Rightarrow W = 267 \text{ mA-min/semana}$$

As cargas de trabalhos semanais típicas para radiografias em geral e outros exames são dadas na **tabela 01**. Um ponto importante para ser notado é que com o aumento dos valores de kVp, a carga de trabalho diminui porque valores menores de mAs são necessários. Nesta situação particular, um aumento na blindagem deve ser considerado porque a penetração aumentada do feixe não é necessariamente compensada pela carga diminuída de trabalho.

TABELA 01: CARGAS SEMANAIS TÍPICAS PARA RADIOGRAFIAS EM GERAL E OUTROS EXAMES.

	Carga diária de pacientes	Carga semanal típica de trabalho [W (mA-min)]		
		≤100kVp	125kVp	150Kvp
Radiografias em geral	24	1000	400	200
Fluoroscopia com II, incluído filmes pontilhados	24	750	300	150

É importante lembrar que devido aos limites recentemente reduzidos de limites de dose do ICRP e da NCRP (capítulo 01), os cálculos de blindagem que utilizam metodologias tradicionais sugeridos no relato nº 49 do NCRP (1976) podem resultar em “barreiras proibitivas e desnecessariamente espessas”. É necessário, portanto, possuir informações precisas sobre o uso do tubo de raios-X e “modelos precisos para prever a dose nas áreas blindadas”. Com relação a isto, o estudo de Simpkin (1996) relata que os resultados da carga de trabalho e do fator de uso utilizado em vários equipamentos modernos de raios-X diagnósticos. O propósito do estudo era “apresentar uma amostra do uso da sala de raios-X atual que é oferecido como guia quando informações mais específicas não estão disponíveis. Acredita-se que esta pesquisa represente a primeira tentativa de medir esses parâmetros fundamentalmente importantes”. (p. 578).

Fator Uso

O fator uso (U) se refere à quantidade de tempo que o feixe primário é direcionado para qualquer uma das paredes (barreiras) da sala de raios-X. Por esta razão, o fator uso também é chamado de fator de direção do feixe. Os fatores de uso para barreiras protetoras são dados na **tabela 02**.



É importante notar que o fator uso para o chão é 1 porque ele está exposto à radiação primária para aqueles exames feitos sobre a mesa. Para paredes ocasionalmente expostas ao feixe primário, o U é de $\frac{1}{4}$. Em ocasiões extremamente raras quando o feixe primário é direcionado através do teto, o U é muito pequeno e se aproxima de zero. Finalmente, devido a todas as paredes da sala de raios-X estarem expostas à radiação espalhada (figura 02), o U para estas paredes (barreiras secundárias) é de 1.

TABELA 02: Fatores de uso para barreiras protetoras Primárias e Secundárias.

Barreira	Fator Uso (U)	Fator Uso (S)
	Barreira Primária	Barreira Secundária
Chão	1	1
Parede	$\frac{1}{4}$	1
Teto	Muito pequena	1

Fator Ocupacional

Quando se projetam barreiras protetoras é importante considerar seu fator ocupacional (T) (Figura 06), ou a quantidade de tempo que um indivíduo irá ocupar as áreas fora da sala de raios-X. Essas áreas se encaixam em três categorias de acordo ao NCRP:

1. *Ocupação Completa* – Essas são áreas ocupadas por indivíduos durante o curso do dia de trabalho, como os escritórios, laboratórios, alas, centros de enfermagem, playgrounds. O fator ocupacional para essas áreas é 1.
2. *Ocupação Parcial* – Essas áreas são ocupadas apenas parcialmente durante todo o dia de trabalho, como por exemplo, banheiros, corredores, elevadores, pátios de estacionamentos abandonados (se o departamento estiver próximo do lote). O fator ocupacional para essas áreas é de $\frac{1}{4}$

3. *Ocupação Ocasional* – Essas são as áreas ocupadas somente ocasionalmente durante todo o dia útil. Salas de espera, toaletes, escadas, elevadores abandonados, armários do porteiro e áreas externas para os pedestres ou veículos se encaixam nesta categoria. O fator ocupacional para essas áreas é de $\frac{1}{16}$.

Os fatores ocupacionais $T = 1$, $T = \frac{1}{4}$, e $T = \frac{1}{16}$ são para áreas ocupadas por indivíduos que não estão sob exposição ocupacional. Para indivíduos que sofre exposição ocupacional (por exemplo, técnicos, radiologistas, enfermeiras do departamento) que passam a maior parte do dia de trabalho em uma área controlada, o fator ocupacional é de 1.

Distância

A distância d, em metros, se refere à distância mínima do tubo de raios-X a um ponto do outro lado da barreira onde pode estar uma pessoa, como mostrado na figura 06. Com o aumento da distância, a taxa de exposição diminui inversamente com a lei do quadrado da distância. Se a distância for grande o suficiente, a blindagem pode não ser necessária.

Energia da Radiação e Fator de Atenuação

O fator de atenuação, A, da barreira (figura 06) depende não só do material da barreira, mas também da energia da radiação que incide nela. Esta energia é composta de um feixe com fótons de diferentes energias. A quantidade K é introduzida para considerar essas diferentes energias. O K é o kerma e representa a energia cinética transferida para partículas carregadas por partículas sem carga por unidade de massa do material irradiado. O K está relacionado com a exposição à radiação não atenuada e é



expresso em mGy/mA-min em uma distância de referência de 1 m.

A figura 07 mostra as curvas de atenuação medidas para chumbo em cinco valores de kVp diferentes: 50, 75, 100, 150 e 200. O eixo y (ordenadas), desenhado como uma longa escala, dá o valor de K em mGy/mA-min à 1 m. O eixo x (abscissa), por outro lado, indica a espessura de chumbo necessária para a barreira em questão.

5. Materiais para Blindagem

O material mais comumente usado na fabricação de barreiras protetoras em um departamento de raios-X é o chumbo. O chumbo é o material de escolha porque ele absorve a radiação eficientemente devido à seu alto número atômico e sua alta densidade. O número atômico para o chumbo é de 82, a densidade do chumbo em folhas vendido comercialmente é de 11.36 g/cm³.

Outra escolha popular de material para blindagem é o Clear-Pb (figura 08) que consiste em uma resina copolímero acrílico e um sal orgânico contendo 30% de chumbo por peso. Suas propriedades físicas (por exemplo, sua resistência à tração, a gravidade específica, suas características óticas, elétricas e eletrostáticas) e suas propriedades de absorção da radiação (por exemplo, coeficientes de atenuação linear e massa) tornam o Clear-Pb mais acessível para o uso como material blindante em departamentos de radiologia que o chumbo acrílico de vidro convencional.

O Clear-Pb é resistente à quebra e está disponível em grandes painéis que permitem visualização panorâmica, como mostrado na figura 09), com uma grande variedade de equivalência de chumbo (0.3-2.0mm).

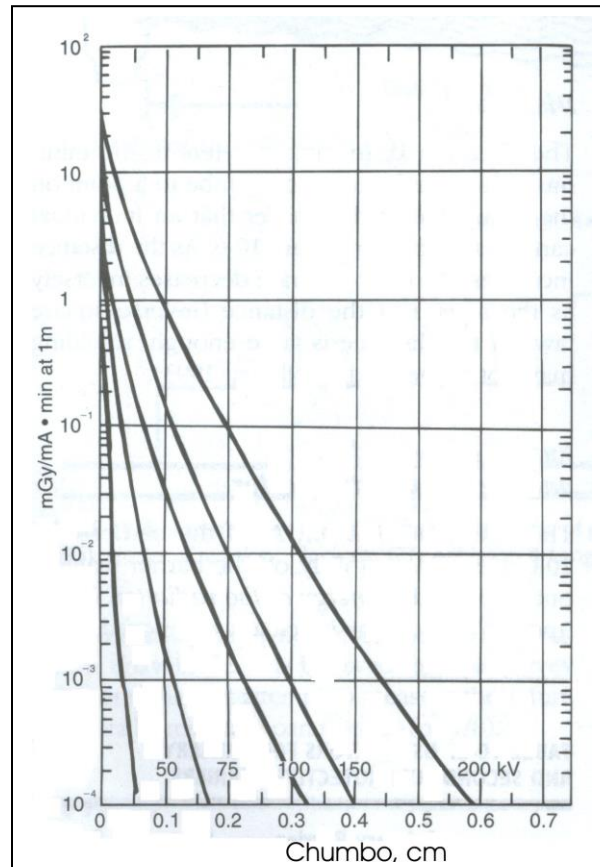


FIGURA 07: As curvas de atenuação medidas para chumbo em valores diferentes de kVp. A espessura de chumbo necessária para as barreiras protetoras pode ser obtida por estas curvas.



FIGURA 08: O uso de Clear-Pb para blindagem em departamentos de radiologia.





FIGURA 09: O uso de Clear-Pb para fabricação de uma cabine de controle para fornecer visão panorâmica.

6. Determinação da Espessura da Barreira

Ainda que os técnicos não estejam envolvidos diretamente na determinação da espessura das blindagens protetoras de um departamento de radiologia, é importante que eles compreendam como os limites de dose, a carga de trabalho, e os fatores de uso e de ocupação são relacionados com os cálculos das barreiras.

Os métodos usados para determinar a espessura das barreiras incluem o valor das camadas semi-redutoras, das tabelas de requisitos de blindagem, e das curvas de atenuação. Além disso, somente a determinação da espessura da barreira primária é descrita porque as barreiras secundárias geralmente são de densidades de chumbo uniforme ao longo dos departamentos de radiologia. Além disso, somente a camada semi-redutora e os métodos de curvas de atenuação serão descritos como as tabelas de requisitos de blindagem estão sendo revisadas de acordo com os limites de dose recentes do ICRP.

Camada Semi-redutora

A camada semi-redutora (HLV) é uma espessura de material que reduzirá a intensidade de radiação para metade de seu valor original. A espessura de HVL para o chumbo usado na blindagem com 50, 70, 100, e 125 kVp é 0.06, 0.17, 0.27 e 0.28 mm respectivamente (NCRP, 1976).

Os procedimentos fundamentais na determinação da espessura da barreira usando a HLV são os seguintes:

1. *Determinar a intensidade da radiação em algum ponto da sala de raios-X*
2. *Dividir este valor de intensidade de radiação por 2, várias vezes, até que a intensidade se aproxime do nível recomendado.*
3. *Multiplicar o número de vezes que a intensidade foi dividida pela HLV do feixe de radiação.*

Exemplo

Qual é a espessura de chumbo necessária para uma barreira primária se a intensidade em um ponto da sala de raios-X é $10 \mu\text{C/Kg-mAs}$ e a intensidade permissível é de $0.312 \mu\text{C/Kg-mAs}$? A HLV do feixe de radiação é 0.27 mm de chumbo.

Solução

1. *Divida a intensidade de radiação dada de $10 \mu\text{C/Kg-mAs}$ por 2 até que o resultado seja igual ou se aproxime de $0.312 \mu\text{C/Kg-mAs}$.*

- (1) $10 \mu\text{C/Kg-mAs} \div 2 = 5 \mu\text{C/Kg-mAs}$.
- (2) $5 \mu\text{C/Kg-mAs} \div 2 = 2.5 \mu\text{C/Kg-mAs}$.
- (3) $2.5 \mu\text{C/Kg-mAs} \div 2 = 1.25 \mu\text{C/Kg-mAs}$.



$$(4) 1.25 \mu\text{C}/\text{Kg}\text{-mAs} \div 2 = 0.625 \mu\text{C}/\text{Kg}\text{-mAs}.$$

$$(5) 0.625 \mu\text{C}/\text{Kg}\text{-mAs} \div 2 = 0.3125 \mu\text{C}/\text{Kg}\text{-mAs}.$$

2. Isto resulta em cinco HLVs.

3. Multiplique a HLV do feixe por 5.

$$= 0.27 \text{ mm chumbo} \times 5 = 1.35 \text{ mm de chumbo}.$$

A resposta à nossa pergunta original é que a barreira primária deve conter uma espessura de 1.35 mm de chumbo.

Tabelas de Requisitos de Blindagem

Outro método simples de determinação de espessura de barreiras é através do uso de tabelas pré-calculadas de requisitos para blindagem, onde a espessura do chumbo necessário para a blindagem pode ser obtido observando-se a tabela que fornece a espessura necessária, baseada na carga de trabalho, no kVp de operação, e na distância em metros do tubo de raios-X para a parede blindada.

Curvas de Atenuação

O uso de curvas de atenuação (mostradas na figura 07) para determinar a espessura das barreiras envolve o uso da fórmula:

$$K = \frac{Pd^2}{WUT}$$

Onde K é a exposição por unidade de carga de trabalho em unidades de distância em mGy/mA-min à 1 m; P é o kerma ar máximo permissível por semana para áreas controladas e não controladas; e d, W, U e T foram anteriormente definidos.

Na figura 07 os valores de K em mGy/mA-min à 1 m em função da espessura de chumbo, em centímetros são mostrados para cinco valores de kVp diferentes. Essas são as curvas de atenuação para 50, 75, 100, 150 e 200 kV.

O exemplo seguinte demonstra não só o uso da fórmula mencionada acima como também o uso das curvas de atenuação mostradas na figura 07.

Exemplo

Em uma sala comum de radiografia, a carga de pacientes diários resulta em uma carga efetiva de 100 mA-min/semana e o tubo é operado em 150 kVp. Quando o tubo de raios-X é posicionado a 1 m de distância da parede que o separa da sala escura de processamento (mantendo em mente que esta parede irá rotineiramente ser exposta ao feixe útil de radiação), qual é a espessura de chumbo necessária para esta parede?

Solução

Neste problema, os valores para os vários fatores são os seguintes:

P = 1 mGy/semana porque a sala escura é uma área controlada.

d = 1 m

WUT = 100 mA-min/ semana

(a) Substitua os valores acima na fórmula:

$$k = \frac{Pd^2}{WUT} = \frac{1\text{mGy/semana} \times (1)^2}{100\text{mA-min/semana}} = \frac{1}{100} =$$

$$0.01 = 10^{-2} \text{ mGy/mA-min}$$

(b) Tendo calculado o K, siga os seguintes passos:

(i) Usando a figura 07, ache a curva para 150 kVp.

(ii) No eixo y, ache o valor de K igual a 10-2 mGy/mA-min à 1 m.



(iii) trace ao longo uma linha horizontal até que ela intercepte a curva de 150 kVp.

(iv) A partir desse ponto trace uma linha vertical para o eixo x para indicar a espessura de chumbo necessária.

A resposta é 0.2 cm de chumbo

Determinar a espessura de chumbo necessária para as barreiras secundárias, isto é, aquelas barreiras que têm finalidade de blindar da radiação de vazamento e de espalhamento, é de alguma forma mais complicado que o cálculo para barreiras primárias. Isto é devido aos vários fatores que influenciam tais como a intensidade e a energia da radiação espalhada, bem como o tamanho do campo. Além disso, algumas prerrogativas devem ser levadas em consideração.

Os fatores anteriormente identificados e usados no cálculo de barreiras primárias são todos utilizados no cálculo de barreiras secundárias, exceto o U. O valor de U para as barreiras secundárias é sempre 1, porque a radiação espalhada não está limitada a somente uma direção, como no caso da radiação do feixe primário, mas sim bastante presente em todas as direções.

Não é a intenção deste capítulo explicar os cálculos para barreiras secundárias. Isto é uma tarefa para o físico médico. Em geral, no entanto, as barreiras secundárias para departamentos de radiologia têm pelo menos 0.8 mm de espessura de chumbo.

7. Blindagem do Tubo do R - X

O envoltório do tubo de raios-X é forrado com chumbo para oferecer proteção da radiação de vazamento. A radiação de vazamento é controlada através de normas estabelecidas por várias agências de radioproteção como o ICRP e o NCRP. Essas normas permitem que o fabricante dos tubos de raios-X projete a blindagem do tubo de raios-X a fim de que

alcançe os limites recomendados de radiação de vazamento. Por exemplo, nos Estados Unidos, é recomendado que o limite (medido a 1 m do tubo de raios-X) não exceda 0.1 cGy em uma hora. No Canadá, é recomendado que o limite não exceda 0.1% da taxa de exposição medida a 1 m do tubo de raios-X.

8. Normas de Blindagem para Área de Armazenagem de Filmes

As salas de armazenagem de filmes radiográficos devem ser blindadas para evitar exposição à radiação primária e secundária. Os cálculos de blindagem para estas salas são similares aos descritos anteriormente com a exceção de que o período de estoque do filme deve ser levado em consideração.

As barreiras devem ser de tal forma que elas reduzam a exposição dos filmes estocados para 0.2 mR, a máxima exposição permissível para o tempo de estoque dos filmes.

Os requisitos para blindagem dos filmes radiográficos podem ser obtidos na tabela 03. Pode ser observado, por exemplo, que para um período de estocagem de 1 mês, a espessura de 3.7 mm de chumbo e 2.8 mm de chumbo são necessárias para a barreira primária ($U = 1/16$) localizada a 2.1 m e a 6.1 m, respectivamente, a partir da fonte para a sala onde os filmes são estocados. Para as barreiras secundárias ($u = 1$) localizadas a 2.1 m e a 6.1 m do tubo de raios-X e um período de estocagem de um mês, a espessura de chumbo necessária é de 3.0 e 2.2 mm respectivamente.





TABELA 03: REQUISITOS DE BLINDAGEM PARA FILMES RADIOGRÁFICOS

Distância do tubo de R-X ao filme	Tipo de Barreira Espessura de Pb (mm)		Tempo de Estoque	
	Primária (U= 1/16)	Secundária (U = 1)	Semana	Mês
2.1 m	30	24	X	
	3.7	3.0		X
3.0 m	2.7	2.1	X	
	3.4	2.8		X
4.2 m	2.4	1.8	X	
	3.1	2.5		X
6.1 m	2.2	1.5	X	
	2.8	2.2		X

pacientes por dia, “nenhuma blindagem do feixe primário seria necessária para o chão para essas salas de raios-X” (Dixon, 1994).

4. *Aqueles que desenvolvem blindagens para departamentos de radiologia devem consultar os requisitos regulatórios de seu estado antes de usar esta abordagem.*

9. Método Alternativo Para Modelos de Blindagens

Até então, a abordagem tradicional para blindagem recomendada pelo NCRP foi descrita; no entanto, o NCRP no relato nº 49 indicou que métodos alternativos de blindagem podem fornecer qualidade satisfatória de radioproteção. Um desses métodos de blindagem foi recentemente descrito por Dixon (1994).

Enquanto abordagem tradicional, as barreiras primárias foram descritas com relação ao chão e às paredes (em particular) sobre os quais a radiação incide, e exclui a atenuação feita pelo paciente, pela mesa, pelo dispositivo Bucky (grade e portador da fita), e a fita. A abordagem de Dixon levou em consideração a atenuação dos materiais mencionados anteriormente e ele concluiu que:

1. *Para grandes cargas de trabalho somente uma pequena quantidade de concreto é necessária para blindar o chão como barreira primária.*
2. *A barreira secundária deve ser mais grossa que a barreira primária.*
3. *Com a exposição atual encontrada sob a mesa é muito pequena (0.015 mSv/semana) para uma carga de trabalho grande de pacientes de 24*





QUESTÕES DE REVISÃO

1. A blindagem da fonte se refere a:
 - a) Portas forradas com chumbo na sala de raios-X.
 - b) Paredes forradas com chumbo na sala de raios-X.
 - c) Envoltório do tubo de raios-X forrado com chumbo.
 - d) Assoalhos forrados com chumbo na sala de raios-X.
2. A blindagem estrutural tem o objetivo de proteger o paciente de:
 - a) Radiação primária
 - b) Radiação Espalhada
 - c) Radiação de vazamento
 - d) Todas as alternativas.
3. O modelo da blindagem estrutural é influenciado por todas as seguintes exceto por:
 - a) Áreas controladas
 - b) Áreas livres
 - c) Pela energia da radiação.
 - d) Pela espessura do paciente.
4. Uma área controlada é uma área ocupada por trabalhadores que lidam com radiação que podem suportar um limite de dose de :
 - a) 1 mSv/ semana.
 - b) 0.1 mSv/ semana.
 - c) 1 mSv/ ano.
 - d) 0.1 mSv por 13 semanas.
5. Uma área ocupada por enfermeiras que estão sujeitas a um limite de dose de 0.1 mSv/ semana é chamada:
 - a) de área controlada.
 - b) de área livre.
 - c) de área restrita.
 - d) de área contaminada.
6. As barreiras protetoras são:
 - a) Paredes forradas com chumbo de uma sala de raios-X.
 - b) Portas forradas com chumbo de uma sala de raios-X.
 - c) Paredes forradas com chumbo de uma cabine de controle dentro de uma sala de raios-X.
 - d) Todas as alternativas.
7. Uma barreira primária é:
 - a) Uma parede exposta à radiação primária.
 - b) Uma parede exposta à radiação secundária.
 - c) Uma parede exposta à radiação de vazamento.
8. Uma barreira secundária é aquela exposta à:
 - a) Radiação primária
 - b) Radiação espalhada pelo paciente e pelo equipamento.
 - c) Radiação de vazamento do tubo de raios-X.
 - d) B e C estão corretas.
9. A espessura de chumbo que forra uma barreira primária é de cerca de:
 - a) 0.8 mm
 - b) 1.6 mm
 - c) 1.6 cm
 - d) 0.8 cm
10. A altura de barreiras protetoras (a partir do chão) deve ser de no mínimo:
 - a) 2.1 m
 - b) 21 cm
 - c) 1.3 m
 - d) Nenhuma das alternativas.
11. Onde as barreiras secundárias e primárias se encontram, elas devem se sobrepor por no mínimo:
 - a) 1.5 cm
 - b) 1.3 mm
 - c) 1.3 cm
 - d) 13 mm
12. A espessura de chumbo equivalente no vidro da janela de visualização da cabine de controle é de:
 - a) 2.0 mm
 - b) 1.5 mm
 - c) 1.5 cm
 - d) 1.0 cm
13. Qual se aplica à cabine de controle?
 - a) Ela deve fornecer blindagem para que a exposição ocupacional não seja > 1 mSv/semana.
 - b) Ela deve ser posicionada na sala de raios-X de tal forma que a radiação tenha que ser espalhada no mínimo duas vezes antes de atingi-la.
 - c) Se o feixe útil atingir a cabine durante uma exposição, as paredes devem ser como barreiras primárias.
 - d) Todas as alternativas.
14. O tempo que o tubo de raios-X é energizado por semana é chamado de:
 - a) Fator de uso.
 - b) Carga de trabalho.
 - c) Fator ocupacional.
 - d) mAs.
15. A unidade de carga de trabalho é:
 - a) Horas por semana
 - b) Roentgen.
 - c) Exames por semana
 - d) mA-min por semana





16. Com o aumento do kVp:
- a carga de trabalho aumenta
 - a carga de trabalho diminui
 - a carga de trabalho e o kVp não se relacionam
 - O fator uso aumenta.
17. Qual das seguintes se refere à quantidade de tempo que o feixe primário é direcionado para as paredes numa sala de raios-X?
- Carga de trabalho
 - Fator de uso
 - Fator ocupacional
 - Fator de atenuação
18. O fator uso para o chão de uma sala de raios-X é:
- 1
 - 2
 - $\frac{1}{4}$
 - $\frac{1}{2}$
19. O departamento de radiologia é considerado uma área de:
- Ocupação ocasional
 - Ocupação parcial
 - Ocupação completa
 - Nenhuma das alternativas
20. Os corredores de uma sala de raios-X se encaixam na categoria de:
- Ocupação completa
 - Ocupação parcial
 - Ocupação ocasional
 - Nenhuma das alternativas
21. O fator ocupacional para salas de espera em um departamento de radiologia é de:
- 1
 - $\frac{1}{2}$
 - $\frac{1}{4}$
 - $\frac{1}{16}$
22. O fator ocupacional para banheiros em um departamento de radiologia é de:
- 1
 - $\frac{1}{2}$
 - $\frac{1}{4}$
 - $\frac{1}{16}$
23. Para os técnicos e radiologistas que passam a maior parte do tempo do dia útil em uma área controlada o fator ocupacional é de:
- 1
 - $\frac{1}{2}$
 - $\frac{1}{4}$
 - $\frac{1}{16}$
24. Qual dos seguintes é mais comumente usado na fabricação de barreiras protetoras em departamentos de radiologia?
- concreto
 - vidro de chumbo
 - chumbo
 - alumínio
25. Os seguintes métodos são usados para determinar a espessura das barreiras exceto:
- Camada semi-redutora
 - Tabelas com requisitos de blindagem
 - O número de exposições torácicas por semana
 - As curvas de atenuação
26. A espessura de um material usado na redução de metade da intensidade de radiação original é chamada:
- Fator de atenuação
 - Filtração
 - Fator barreira
 - Camada semi-redutora
27. Quando usa-se as curvas de atenuação para determinar a espessura das barreiras, a seguinte fórmula é aplicada:
- $K = Pd^2 \times WUT$
 - $K = Pd^2/WUT$
 - $K = WUT/Pd^2$
 - $K = WUT \times P/d^2$
28. A unidade de K na fórmula acima é:
- Sieverts por minuto
 - mA –min por semana
 - mGy/mA-min
 - mGy por semana
29. Nos Estados Unidos, o limite recomendado para radiação de vazamento do tubo de raios-X é:
- A radiação de vazamento não deve exceder 0.1 Gy por hora a 1 m do tubo.
 - A radiação de vazamento não deve exceder 0.01 Gy por hora a 1 m do tubo.
 - A radiação de vazamento não deve exceder 0.1 % da taxa de exposição medida a 1 m de distância do tubo.
 - A radiação de vazamento não deve exceder 1 cGy por hora a 1 m do tubo.
30. A 4.2 m do tubo de raios-X, a espessura de chumbo necessária para a barreira primária da sala de estoque de filmes no departamento de radiologia deve ser de:
- 2.4 mm se o tempo de estocagem for de 1 semana.
 - 3.0 mm se o tempo de estocagem for de 1 semana
 - 2.8 mm se o tempo de estocagem for de 1 mês.
 - 2.2 mm se o tempo de estocagem for de 1 semana.



ASPR – Assessoria e Serviços
em
Proteção Radiológica e Controle de Qualidade Ltda.

Fone: (73) 4141 – 1973 / (73) 3214 -4315

Celular: (73) 99191 – 1119

Site: aspronline.wix.com/aspronline **e-mail:** aspronline@hotmail.com

- ① **Plano de Transporte de Material Radioativo**
- ① **Transporte de Material Radioativo**
- ① **Plano de Radioproteção:** Radiodiagnóstico, Radioterapia e Medicina Nuclear.
- ① **Projetos de Cálculos de blindagens estruturais:** Radiodiagnóstico, Radioterapia e Medicina Nuclear.
- ① **Levantamento Radiométrico**
- ① **Teste de Radiação de Fuga**
- ① **Curso de Atualização e Treinamento de IOE ao RX**
- ① **Implantação de Programa de Controle de Qualidade**
- ① **Serviços de CQ e GQ:** RX Uso Geral, Mamografia, Fluoroscopia e TC em Diagnóstico e Odontológico.
- ① **Assessoria em Proteção Radiológica Junto a Vigilância Sanitária e CNEN.**
- ① **Elaboração de PGRSS**
- ① **Plano de Gerenciamento de Rejeito Radioativo**
- ① **Assessoria em Segurança do Trabalho Elaboração de PPRA**

Físicos Médicos e Especialista em Radioproteção e CQ e GQ

- ① **Milton Coelho Maciel**
Físico Médico ABFM nº 0664
Supervisor de Proteção Radiológica CNEN nº FT 0050
Supervisor de Proteção Radiológica CNEN nº FM 0138