

DOSES DE EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO EM PACIENTES SUBMETIDOS A EXAMES DE FLUOROSCOPIA¹

DOSE OF EXPOSURE OF PATIENT IN THE FLUOROSCOPY EXAMINATION

Cassiano Martins² e Valnir de Paula³

RESUMO

A fluoroscopia é uma técnica de diagnóstico especializada aplicada em procedimentos cirúrgicos, que por meio da interação dos raios X com a matéria e por meio de um sistema de observação digital é empregada na sua forma mais dinâmica. Evita a necessidade de grandes incisões, acelera a recuperação do paciente, diminui o tempo de internação e a expectativa de possíveis infecções. É um método que requer uma alta dose de radiação X, devido ao longo tempo de exposição do paciente ao feixe de raios X. Neste trabalho, enfatiza-se a taxa de dose na entrada da pele, o kerma. Através da avaliação do desempenho do equipamento, fatores técnicos e comparações dos níveis de kerma administrados com os níveis de referência, concluiu-se que as exposições dos pacientes permaneceram em níveis considerados aceitáveis, atendendo às diretrizes e normas de proteção radiológica, a aplicação máxima chegou a pouco mais de 1Gy, que é 50% da dose mínima necessária para ocorrência de dano na pele.

Palavras-chave: fluoroscopia digital, dose de exposição, kerma.

ABSTRACT

Fluoroscopy is a diagnostic technique applied to specialized surgical procedures, through the interaction of X-rays with flesh and through a system of digital observation this technique is employed at its most dynamic way. It avoids the need for large incisions, accelerates patient recovery, and decreases the hospitalization

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmico do curso de Física Médica - UNIFRA.

³ Orientador - UNIFRA. E-mail: valnirp@terra.com.br

time and the expectation of possible infections. It is a method that requires a high dose of radiation X, because the long periods of patient exposure to X-ray beam. This study emphasizes the dose rate of the skin entrance, the kerma. By evaluating the performance of equipment, and technical factors and comparisons of levels of kerma managed with the reference levels, It was concluded that exposure of the patients remained at levels considered acceptable given the guidelines and radiological protection standards, the maximum application came just over 1Gy, which is 50% of the minimum dose needed to occurrence of damage in skin.

Keywords: *digital fluoroscopy, exposure dose, kerma.*

INTRODUÇÃO

O primeiro equipamento de fluoroscopia foi inventado em 1896 por Thomas A. Edson (Electrical Exhibition em Nova York, 1986), intrigado com os materiais até então utilizados no processo de fluorescência, um fenômeno que caracteriza certos materiais que, quando irradiados, emitem luz em intensidade proporcional à quantidade de radiação a qual são expostos. O equipamento foi aprimorado e transformou-se em ferramenta radiodiagnóstica, proporcionando o início de uma nova fase na interpretação de diagnóstico de desordens patológicas, por meio da interação dos raios X com a matéria. Hoje, através de um sistema de observação de fluoroscopia digital, pode-se verificar a funcionalidade e a dinâmica das estruturas durante um procedimento cirúrgico intervencionista (PI), a radiologia intervencionista (CANEVARO, 2009; LUZ et al.; 2007). O método de raios X convencional é executado com mA (mili amperagem) altíssimo, se comparado ao utilizado na fluoroscopia, contudo, na radiografia convencional o exame dura alguns segundos, a dose no paciente é baixíssima. Já na fluoroscopia, a dose é alta devido ao longo tempo de exposição do paciente ao feixe de raios X, pois pode variar de segundos até dezenas de minutos. A motivação deste trabalho está em avaliar a taxa dose de radiação na entrada da pele, pela grandeza denominada kerma, em pacientes submetidos a procedimentos intervencionistas no Hospital Astrogildo de Azevedo, em Santa Maria, RS, no qual médicos utilizam como auxílio visualizador intervencionista a fluoroscopia digital. Também serão avaliadas as condições de proteção em procedimentos fluoroscópicos. Dado ao fato que procedimentos intervencionistas necessitam de uma significativa dose de radiação X, pois os tempos de exposição passam de minutos, salienta-se a preocupação em relação a quantidade de dose durante os processos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Radiologia Intervencionista é definida como:

Procedimentos que compreendem intervenções diagnósticas e terapêuticas guiadas por acesso percutâneo ou outros, normalmente realizadas sob anestesia local e/ou sedação, usando a imagem fluoroscópica para localizar a lesão ou local de tratamento, monitorar o procedimento, e controlar e documentar a terapia (ICRP, 2000).

A exposição à radiação ionizante é prejudicial para a saúde e pode ter efeitos determinísticos e não determinísticos (ICRP, 1997). Efeitos não determinísticos ocorrem devido à mutação em um nível celular potencialmente tendendo a efeitos hereditários ou de indução de câncer (DIMENSTEIN; HORNOS, 2008). Os efeitos determinísticos das radiações ionizantes são aqueles cuja dose excessiva pode vir a causar danos em dias ou horas após a exposição, este efeito depende de um limiar de dose, conforme apresentado na tabela 1. Alguns efeitos adversos da radiação são vistos em procedimentos intervencionistas mais demorados, pois o limiar pode ser atingido durante estes procedimentos. Entre as células com menor resistência ao dano, estão às células cutâneas e medulares. “O risco de aparecimento de lesões na pele está associado a tempos prolongados de fluoroscopia. O tempo necessário para atingir o limiar de dose para depilação temporária é tipicamente maior do que 90 minutos em modo fluoroscopia (0,03 Gy/min)” (RSNA, 2007).

Tabela 1 - Limiares para ocorrência de efeitos determinísticos.

Efeito	Limiar aproximado de dose [Gy]	Tempo de aparição do efeito	Minutos de fluoroscopia para taxa de alta dose 200mGy/min
Eritema imediato transiente	2	2-24 horas	10
Depilação temporária	3	≈ 3 semanas	15
Depilação permanente	7	≈ 3 semanas	35
Escamação seca	14	≈ 4 semanas	70
Escamação úmida	18	≈ 4 semanas	90
Ulceração secundária	24	≈ 6 semanas	120
Necrose dérmica isquêmica	18	≈ 10 semanas	90
Necrose dérmica	>12	≈ 52 semanas	75

Fonte: Adaptação da Referência ICRP (2000).

É importante avaliar o desempenho do equipamento de raios X, como parte do processo de garantia da qualidade. Conforme a norma

4.17 Todo equipamento de fluoroscopia deve possuir, além dos requisitos aplicáveis do item 4.13:

- a) Sistema de intensificação de imagem.
- b) Dispositivo para selecionar um tempo acumulado de fluoroscopia. Este tempo não deve exceder 5 min sem que o dispositivo seja reajustado. Um alarme sonoro deve indicar o término do tempo pré-selecionado e continuar soando enquanto os raios-x são emitidos, até que o dispositivo seja reajustado. Decorridos 10 min sem que seja reajustado o dispositivo a exposição será interrompida. Alternativamente, o dispositivo pode interromper a exposição ao final do tempo selecionado.
- c) Diafragma regulável para definir o feixe útil.
- d) Cortina ou saio plumbífero inferior/lateral para a proteção do operador contra a radiação espalhada pelo paciente, com espessura não inferior a 0,5 mm equivalente de chumbo, a 100 kVp.
- e) Sistema para impedir que a distância foco-pele seja inferior a 38 cm para equipamentos fixos e 30 cm para equipamentos móveis.
- f) Sistema para garantir que o feixe de radiação seja completamente restrito à área do receptor de imagem.
- g) Um sinal sonoro contínuo quando o controle de “alto nível” estiver acionado (ANVISA, 1998).

O tubo de raios X do equipamento de fluoroscopia gera um feixe que atravessa o paciente, com um poder de penetração que varia conforme o kVp (kilovoltagem de pico ou tensão do tubo), que determina a qualidade do feixe. A quantidade de radiação produzida é dada pelo mA. O importante componente do equipamento é o intensificador de imagem, uma estrutura eletrônica complexa que recebe o feixe de raios X após passar o paciente, converte-o em luz e aumenta sua intensidade (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2006).

Os fótons que atravessam o paciente atingem o tubo intensificador de imagem, deslocam-se através da ampola de vidro e interagem com a placa de fósforo. Esta placa é feita de Iodido de Césio (CsI). Quando os fótons interagem

com o fósforo, sua energia é convertida em luz visível, a qual é similar ao efeito das telas na radiografia convencional. A luz do espectro visível é absorvida pelo fotocátodo, onde a informação é transferida para um feixe de elétrons, fotoemissão, que é diretamente passada para a tela de saída cerca de 50 a 75 vezes o número de fótons necessário para criá-lo. Por fim, a informação dos elétrons é convertida novamente em luz visível, e transmitida da tela de saída para o monitor. A digitalização da imagem na fluoroscopia acontece no fósforo de saída do tubo intensificador que está acoplado a um tubo de uma câmara de vídeo. O tubo tem uma superfície sensível que converte a imagem em luz em um sinal elétrico transmitida da tela de saída para o observador (CEFET, 2009).

O sistema de fluoroscopia é baseado na tecnologia televisiva que gera 30 quadros por segundo, o que é considerada imagem em tempo real (NTSC, 1953). A intensificação de imagem trata-se, basicamente, do ganho de brilho em função do aumento da intensidade luminosa, seu ajuste é automático, o kVp varia em função da espessura do alvo examinado através de um sistema automático de brilho (PARIZOTTI, 2008).

“A exposição no procedimento de fluoroscopia produz dose, que varia em função dos fatores técnicos como distância foco-intensificador, geometria, grade, vídeo e é proporcional ao mAs e ao quadrado do kVp” (BUSHONG, 1993). Atualmente, não existe qualquer limite de dose, somente níveis de referência de dose. O valor de referência para a exposição, recomendado pela legislação, deve ser inferior ao nível de 50mGy/min para todos os exames realizados. A Portaria normaliza que

4.49 Padrões de desempenho

c) A taxa de kerma no ar em fluoroscopia deve ser inferior a 50 mGy/min na entrada da pele do paciente, na menor distância (foco-pele) de operação, exceto durante cine ou quando o sistema opcional de “alto nível” estiver ativado. Se o tubo estiver sob a mesa, as medidas devem ser realizadas a 1cm sobre a mesa ou berço (ANVISA, 1998).

O principal objetivo da avaliação de exposição de pacientes submetidos a exames de fluoroscopia é determinar e estabelecer níveis de referência de diagnóstico e realizar avaliações comparativas de risco (SILVA, 2008; SILVA et al. 2008).

A taxa de kerma no ar na entrada na pele, para cada procedimento é dado por:

$$k_{ar} = \text{Gy/min} \quad (1)$$

em que, k_{ar} é a média da taxa de dose de radiação na entrada da pele (TAUHATA et al., 2003) e é obtida pelo teste de controle de qualidade do aparelho, que é a razão entre as grandezas Gray e tempo. Assim, ao multiplicar o tempo total de utilização da técnica de fluoroscopia com a medida da taxa, quantifica o k_{ar} na entrada da pele em Gray.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Hospital Astrogildo de Azevedo dispõe de um equipamento de fluoroscopia tipo arco “C”, da marca GE, modelo 8800, alvo de tungstênio com 50 – 150kVp, filtro de alumínio 2,5mm – 80kVp, dotado de um braço semicircular com tubo de raios X em uma extremidade e o receptor de imagem na outra. Opera com corrente de 5mA e capacidade de ficar com o feixe de raios X ligado por minutos, variando seu campo de irradiação até mesmo durante um procedimento. Foram realizados diversos procedimentos intervencionistas com o equipamento de fluoroscopia disponibilizado para uso no bloco cirúrgico do Hospital Astrogildo de Azevedo. Os dados para a realização do estudo foram obtidos no período de 8 de julho até 6 de outubro de 2010. Os procedimentos mais realizados foram: colangiopancreatografia retrógrada endoscópica (CPRE), hérnia de disco, denervação, marcapasso e retirada de cálculo. Os que fornecem maior dose estão na região do tórax e lombar. A determinação da dose na entrada da pele, para a fluoroscopia das regiões em questão, foi realizada com base em uma medida de kerma no ar (k_{ar}), realizada no teste de controle de qualidade do setor.

Tabela 2 - Medidas de kerma no ar (K_{ar}), na entrada da pele, sem o acréscimo de fatores de influência.

Medida	Magnificação 1	Magnificação 2
1	25,2 mGy/min	29,4 mGy/min
2	25,2 mGy/min	28,8 mGy/min
3	25,8 mGy/min	28,8 mGy/min
4	24,6 mGy/min	28,8 mGy/min
Média	25,2 mGy/min	28,8 mGy/min

O desenvolvimento dos valores do kerma (tabela 1) foi feito em função de planilhas de dados de controle de técnica preenchidas pelo técnico radiologista ao final de cada PI. O objetivo é determinar a taxa de kerma no ar na entrada da pele, definindo e adequando os tipos de exames realizados e o valor do produto exposição-

dose levando-se em conta a região de exposição. Essas estruturas ou regiões do corpo possuem variações significativas na espessura entre os diferentes indivíduos. Foram avaliadas a distância do ponto focal até a pele do paciente (DFOPE), o *kV* e o *mA* utilizados para realização das intervenções. A dose para cada procedimento foi determinada utilizando a relação da equação (1) com valor médio da magnificação 1 multiplicado pelo tempo em minutos da utilização da técnica de fluoroscopia.

RESULTADOS

Os tipos de procedimentos, seus tempos de duração e taxas de dose são apresentados nas tabelas 3 e 4, que também confronta os valores extremos de duração de um mesmo procedimento, assim como as estimativas de kerma na entrada da pele.

Tabela 3 - Tempos dos procedimentos, fluoroscópicos, intervencionista e os respectivos valores de kerma na entrada da pele.

Procedimento Intervencionista	Tempo				Kerma (mGy)	
	Cirurgia		Fluoroscopia		maior	menor
	maior	menor	maior	menor		
CPRE*	2h 10min	30min	14min 53s	53s	375,06	22,26
Hérnia disco Cervical	2h 45min	30min	16s	3s	6,72	1,26
Denervação	1h 10min	20min	2min 48s	3s	70,56	1,26
Marcapasso	1h 30min	45min	12min 9s	52s	306,18	87,36
Cálculo	2h	25min	17min 20s	46s	44,52	1,26
Fêmur	1h 50min	15min	1min 46s	3s	44,35	1,26
Ureterolitomia	2h	30min	7min 23s	10s	194,04	0,16
Artrodese Lombar	5h	1h 30min	5min 2s	4s	126,84	1,68
Punho	30min	30min	7s	3s	2,94	1,26
Duplo J	2h	20min	1min 36s	19s	40,32	7,81
Joelho	1h 30min	30min	12s	2s	5,04	0,84
Tornozelo	1h 30min	40min	45s	5s	18,9	2,01
Laminectomia	3h	1h	3min	3s	75,6	1,26
Angiosplatia	2h	1h	12min	32s	302,4	13,44
Hérnia disco Lombar	1h 15min	30min	6s	2s	2,52	0,84
Ombro	1h 45min	30min	3s	3s	1,26	1,26
Artrodese Cervical	2h 30min	2h	14s	8s	5,88	3,36

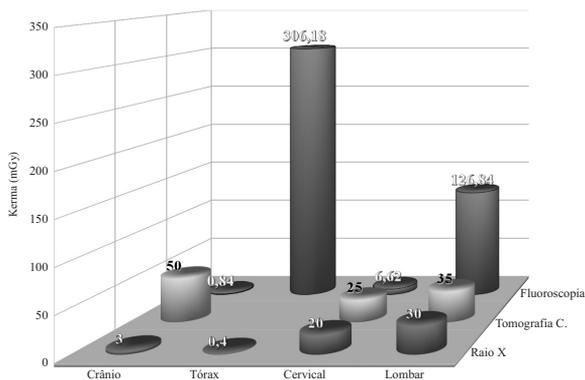
*colangiopancreatografia retrógrada endoscópica

Tabela 4 - Tempos dos procedimentos, fluoroscópicos, intervencionista e os respectivos valores de kerma na entrada da pele.

Procedimento Intervencionista	Tempo				Kerma (mGy)	
	Cirurgia		Fluoroscopia		maior	menor
	maior	menor	maior	menor		
Artrodese Pé	1h	40min	45s	10s	18,9	4,2
Arteriografia	5h 50min	4h 40min	42min	2min	1058,4	75,6
Biopsia	1h	20min	20s	6s	8,31	2,52
Cotovelo	1h	20min	41s	16s	17,13	6,55
Nefrostomia	1h 10min	40min	1min 25s	35s	36,54	14,61
Revascularização	2h	25min	18min 55s	44s	476,53	18,39
Tíbia	1h 30min	1h	1min 10s	32s	40,32	13,35
Artrodese Dorsal**	4h 30min		2min 30s		63	
Artroplastia**	1h		12s		5,04	
Bacia**	2h		10s		4,03	
Mandíbula**	15min		2s		0,84	
Pieloplastia**	1h 45min		12min		302,4	
Úmero**	2h		6min		151,2	
Vertebroplastia**	1h 10min		10s		4,03	

**durante o período este procedimento foi realizado uma única vez.

As técnicas empregadas variam para cada PI, o kV e o mA utilizado para realização das intervenções qualificam a intensificação de imagem, o ganho de brilho em função do aumento da intensidade luminosa. A variação do kV é automática, varia em função da espessura do alvo examinado através de um sistema automático de brilho. Na figura 1 são apresentadas as comparações dos níveis de referência administrados.

**Figura 1** - Comparação dos níveis de referência com os valores administrados.

DISCUSSÕES

Os resultados, apresentados nas tabelas 3 e 4, foram considerados aceitáveis quando atendem às Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, através da Portaria nº 453 de 1998 (ANVISA, 1998).

Notou-se uma variação nos tempos, tanto de procedimentos cirúrgicos quanto os de fluoroscopia. O aumento do tempo de cirurgia não necessariamente acarreta aumento do tempo de exposição. Os fatores que influenciam essas flutuações estão ligados a operação do equipamento, utilização de técnica e treinamento médico, condições instrumentais e possibilidade de complicações cirúrgicas.

A taxa de dose é diretamente proporcional ao tempo de exposição e não ultrapassou 3 mGy nos PI's de hérnias de disco lombar, ombro e punho (tabela 3) e mandíbula (tabela 4); o kerma na entrada da pele tem um valor de até 7 mGy nos procedimentos de hérnias de disco cervical, joelho, artrodese cervical, artroplastia, bacia e vertebroplastia; aproximadamente 18mGy nos PI's de artrodese do pé, cotovelo e tornozelo; de 35mGy à 45mGy nos de cálculo, fêmur, duplo J, nefrostomia e tíbia; de 63 mGy à 75 mGy os PI's de artrodese dorsal, denervação e laminectomia.

Procedimentos como CPRE, marcapasso, ureterolitomia, artrodese lombar, angioplastia, pieloplastia, e úmero ultrapassaram os 100 mGy chegando a superar os 300 mGy de kerma na entrada da pele, pois necessitam maior observância e análise funcional dos órgãos envolvidos; chegou a 476 mGy no PI de revascularização e superou 1Gy em uma arteriografia, 1Gy é 50% da dose mínima necessária para ocorrência de dano na pele, tabela 1.

Comparado um mesmo procedimento cirúrgico, observou-se uma variação no tempo de exposição, conseqüentemente de kerma, na entrada da pele do paciente, pois o transcorrer dos procedimentos não é singular, as técnicas e os instrumentos utilizados variam juntamente com a equipe médica. Foram realizados cerca de 180 procedimentos intervencionistas no setor de radiologia do Hospital Astrogildo de Azevedo durante o período de estudo. Considerando os níveis recomendados, nenhum procedimento atingiu o menor limiar de dose que é de 2 Gy, dose necessária para causar um eritema imediato transiente. A figura 1 apresenta a comparação do kerma por região anatômica em diferentes técnicas conforme portaria SVS/MS nº 453, e compara os níveis de referência do kerma conforme Portaria para radiodiagnóstico por radiografia e tomografia computadorizada (TC) cortes múltiplos, ambos para paciente adulto típico, com os valores administrados de kerma na fluoroscopia.

Analisando as colunas, nota-se uma menor taxa de kerma em fluoroscopia para os procedimentos da região do crânio de 72% em comparação aos raios X convencional e 98% em relação a TC, assim como na região cervical uma diferença de 67% para o raio X e 73,5% para TC. Para os procedimentos nas regiões do tórax e lombar fica evidente a superioridade tanto para os raios X, quanto para a TC, uma proporção justificada uma vez que nestas regiões são realizados PI's mais dinâmicos e até mesmo impraticáveis sem o auxílio da técnica de fluoroscopia, que levam em conta a qualidade de vida do paciente. Ressalta-se que quanto menor a dose de entrada na pele, conseqüentemente menor será a dose nos tecidos internos ou órgãos como pulmão, mama, tireóide, esôfago, medula óssea, estômago, fígado, cólon e bexiga, minimizando os riscos dos efeitos estocásticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os princípios básicos na Norma CNEN-NN-301 (CNEN, 2011) foram acatados, os resultados dos benefícios gerados justificam a prática de fluoroscopia, além de desenvolverem as técnicas cirúrgicas e permitirem práticas intervencionistas que sem o auxílio não são possíveis. Evita a necessidade de grandes incisões, acelera a recuperação do paciente, diminui o tempo de internação e a expectativa de possíveis infecções. A medida é de minimizar o tempo de exposição ao paciente, pois uma exposição mais prolongada resulta numa maior dose, o que pode acarretar um maior dano. Durante os procedimentos a taxa de exposição permaneceu 50% abaixo do limite de 50 mGy/min, pré-estabelecido por norma, o que possibilita o limite de tempo necessário de utilização da técnica de fluoroscopia sem atingir os limiares de dose. Observa-se, entretanto, que doses que possam causar efeitos determinísticos podem ser alcançadas, uma vez que essa dose é diretamente proporcional ao tempo de exposição. De um período prévio ao estudo existe um relato técnico onde o tempo de exposição superou os 80min, aos níveis apresentados essa exposição equivaleria a uma dose na entrada da pele de 2Gy, suficiente para lesionar a pele.

Observou-se, também durante esse estudo, rotinas da equipe médica como posicionamento em sala cirúrgica e uso de proteção adequada. Quanto ao paciente, o posicionamento anatômico em função da trajetória do feixe incidente minimiza a radiação, espalhada e prevalece à qualidade de imagem diagnóstica.

REFERÊNCIAS

ANVISA–AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria MS/SVS nº453, de 1º de junho de 1998**. Brasília: Diário Oficial da União, 2/6/1998.

BONTRAGER, K.; LAMPIGNANO, J. P. **Tratamento e Posicionamento Radiográfico e Anatomia Associada**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2006.

BUSHONG, S. C. **Manual de radiologia para tecnólogos**. Madri: Mosby/Doyma Libros, 1993.

CANEVARO, L. Aspectos físicos e técnicos da Radiologia Intervencionista. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 101-115, 2009.

CEFET/SC, NTC–Núcleo de Tecnologia Clínica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. **Fluoroscopia**, Florianópolis: Ed. NTC, 2009.

CNEN-COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes básicas de proteção Radiológica - CNEN-NN-3.01**, Rio de Janeiro: CNEN, 2011.

DIMENSTEIN, R.; HORNOS M. M. Y. **Manual de proteção Radiológica aplicada ao Radiodiagnóstico**. 3ª Ed. Revista. São Paulo: Editora Senac, 2008.

ICRP–INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION. **Radiation Protection and Safety in Medicine**. Oxford: Pergamon Press, 1997. (Publication 73).

ICRP–INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. Vienna: **Annals of the ICRP**, v. 30, n. 2, 2000. (Publication 85).

LUZ, F. S. et al. The Relevance of Quality Control in Services of Hemodynamics and Interventional Cardiology. **Radiol Bras.**, v. 40, n. 1, p. 27-32, 2007.

NTSC, National Television Standards Committee. **Standard protocol for television (TV) broadcast transmission and reception in the United States**, 1953.

PARIZOTI, A. **Otimização de imagens e proteção Radiológica em fluoroscopia**. Universidade de São Paulo FFCLRP; Ribeirão Preto: SP, 2008.

RSNA–RADIOLOGICAL SOCIETY OF NORTH AMERICA. **Radiation biology for diagnostic and Interventional Radiologists**. In: HEDRICK W. R. 5. ed. Oak Brook, IL: RSNA, 2007.

SILVA A. P. **Estudo comparativo entre videofluoroscopia e avaliação endoscópica da deglutição para o diagnóstico da disfagia em crianças**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, 2008.

SILVA, L. P. et al. Avaliação da exposição dos médicos à radiação em procedimentos hemodinâmicos intervencionistas. **Radiol Bras.**, v. 41, n. 5, p. 319-323, 2008.

TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; PRINZIO, R. D.; PRINZIO, A. R. D. **Radioproteção e Dosimetria: fundamentos**, 5ª Revisão, Rio de Janeiro, Agosto/2003.