

INFLUÊNCIA DO PROCEDIMENTO RADIOGRÁFICO NA DOSE DE ENTRADA NA PELE DE PACIENTES EM RAIOS-X PEDIÁTRICOS*

Mércia Liane Oliveira¹, Helen Khoury²

Resumo **OBJETIVO:** Este trabalho tem como objetivo discutir os efeitos dos principais parâmetros que interferem na qualidade da imagem e na dose de entrada na pele do paciente. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foram acompanhadas radiografias pediátricas de tórax em três instituições. Em cada uma delas foram feitos testes de desempenho dos equipamentos de raios-X utilizados. A avaliação da dose de entrada na pele foi feita com a utilização de dosímetros termoluminescentes. **RESULTADOS:** Apenas um dos equipamentos de raios-X testados mostrou-se em condições aceitáveis de funcionamento. Os valores médios de dose de entrada na pele para os exames investigados, em função da faixa etária, foram: (0,222 ± 0,888) mGy para menores de 1 ano, (0,28 ± 0,11) mGy entre 1,1 e 4 anos, (0,26 ± 0,13) mGy entre 4,1 e 6 anos, (0,23 ± 0,13) mGy entre 6,1 e 10 anos e (0,26 ± 0,25) mGy para maiores de 10 anos. **CONCLUSÃO:** Os valores médios de dose de entrada na pele são bastante elevados se comparados aos níveis de referência adotados pela Comissão da Comunidade Européia e aos demais resultados encontrados na literatura pesquisada. Recomenda-se a implantação de programas de garantia de qualidade para a redução da dose-paciente com a obtenção de imagens com qualidade para o diagnóstico.

Unitermos: Radiologia pediátrica; Dose de entrada na pele; Doses de referência.

Abstract *Influence of radiographic parameters on the entrance surface dose in x-rays of pediatric patients.*

OBJECTIVE: The aim of this work is to discuss the effects of the main parameters that influence image quality and the entrance skin dose. **MATERIALS AND METHODS:** The pediatric chest radiographs of three different Institutions were evaluated. Tests on all x-ray equipment were performed. The skin entrance dose was assessed using thermoluminescent dosimeters. **RESULTS:** Only one of all x-ray equipments tested was in good operation condition. The average skin entrance dose was: (0.222 ± 0.888) mGy for children under 1 year, (0.28 ± 0.11) mGy for 1.1 to 4 years, (0.26 ± 0.13) mGy for 4.1 to 6 years, (0.23 ± 0.13) mGy for 6.1 to 10 years and (0.26 ± 0.25) mGy for older than 10 years. **CONCLUSION:** The results showed that the average skin entrance doses are higher than the European Community Commission reference levels and other values reported in the literature. We recommend the implantation of quality assurance programs to reduce skin entrance doses and for obtaining good quality images.

Key words: Pediatric radiology; Skin dose; Reference levels.

INTRODUÇÃO

A radiologia pediátrica teve seu início concomitantemente à radiologia geral, logo após a descoberta dos raios-X. Todavia, apenas a partir da década de 60, e mais fortemente nos anos 90, com o desenvolvimento de novas técnicas de produção da imagem, cresceu a necessidade de especialistas nesta área, solidificando-a e tornando-a independente da radiologia geral⁽¹⁾. A necessidade de especialização em radiolo-

gia pediátrica surge devido às diferenças de tamanho e composição do corpo de crianças em relação ao adulto, à sua falta de cooperação para a realização do exame e às várias diferenças funcionais (respiração mais rápida, batimentos cardíacos mais acelerados, etc.).

O principal risco associado a exames de radiodiagnóstico é a ocorrência de efeitos estocásticos, principalmente efeitos genéticos e carcinogênese, sendo muito raro o desencadeamento de efeitos determinísticos, como queimaduras. Uma vez que a probabilidade de ocorrência dos efeitos estocásticos é proporcional à dose, faz-se necessária especial atenção à proteção radiológica no que diz respeito à radiologia pediátrica, uma vez que as crianças são mais sensíveis à radiação e possuem uma expectativa de vida muito maior se comparada a um adulto, o que aumenta a proba-

bilidade de apresentarem um efeito nocivo tardio relacionado a essa exposição.

Tendo isto em vista, é indispensável que alguns cuidados sejam tomados para evitar a exposição desnecessária do paciente, tais como: verificar se o exame é clinicamente necessário para o diagnóstico; investigar formas alternativas que não utilizem radiações ionizantes e que possam oferecer informações necessárias/suficientes ao diagnóstico; restringir o número de radiografias (exames em várias projeções devem ser feitos após a avaliação da primeira radiografia, feita na projeção padrão); e otimizar as técnicas radiográficas utilizadas, observando sua adequação às características do paciente e ao objetivo do exame.

A Comissão da Comunidade Européia (CCE)⁽²⁾ elaborou documento com guias para se obter imagens com qualidade, associadas a baixas doses, do ponto de vista

* Trabalho realizado no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE.

1. M.SC., Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Comissão Nacional de Energia Nuclear (Ipen-CNEN).

2. Doutora, Departamento de Energia Nuclear da UFPE.

Endereço para correspondência: Mércia Liane Oliveira. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/NM/LCI. Avenida Professor Lineu Prestes, 2242. São Paulo, SP, 05508-900. E-mail: mlolivei@net.ipen.br

Recebido para publicação em 25/9/2002. Aceito, após revisão, em 19/11/2002.

médico, para exames radiológicos pediátricos mais frequentes. Dentre os parâmetros para uma boa radiografia pediátrica destacam-se: utilização de geradores de raios-X de 12 pulsos ou frequência superior; tamanho do ponto focal entre 0,6 e 1,3 mm; tensões e distâncias foco-filme iguais às utilizadas em radiologia geral; tempos de exposição os mais curtos possíveis para que a dose de entrada na pele seja mínima, e quando não for possível usar tempos tão curtos^(*) recomenda-se utilizar filtração adicional para que os fótons de menor energia sejam absorvidos e não alcancem a pele do paciente; e grade antiespalhamento não deve ser usada para crianças muito jovens, uma vez que a intensidade da radiação espalhada neste caso é pequena e, quando necessárias, grades com razão igual a 8 e número de linhas por centímetro igual a 40 são suficientes. Outro parâmetro importante é o sistema “écran”-filme. Os sistemas de tungstato de cálcio vêm sendo substituídos pelos intensificadores de terras raras, pois, apesar do custo mais elevado, contribuem para a redução da dose ao paciente⁽³⁾.

Não existem limites de doses para pacientes nas exposições médicas, sendo mais apropriado, neste caso, que se estabeleçam doses de referência. Tais níveis são definidos como sendo doses em práticas de radiodiagnóstico médico para exames típicos em pacientes de tamanho padrão (ou fantomas-padrão). Espera-se que, se boas práticas e técnicas forem utilizadas, tais níveis não sejam ultrapassados, devendo ser entendidos como exemplos que podem ser alcançados com boa prática radiológica, mas não devem ser considerados valores ótimos. Desse modo, deve-se sempre tentar reduzi-los, sobretudo quando são verificados avanços nos equipamentos e nas técnicas⁽⁴⁾. As doses de referência para radiologia pediátrica são resultado de um amplo levantamento promovido durante dez anos pela CCE em toda a Europa^(2,5), tendo sido definida como a dose de entrada na superfície da pele.

Para determinar a dose de entrada na superfície da pele é comum utilizar dosí-

metros termoluminescentes (TLDs). Tais dosímetros são amplamente utilizados em radiodiagnóstico, porque: são muito sensíveis à radiação, o que permite a utilização de dosímetros muito pequenos; alguns materiais, tais como o fluoreto de lítio, são aproximadamente equivalentes ao tecido, logo, não aparecem nas imagens obtidas na maior parte dos estudos radiográficos; e podem ser reutilizados várias vezes, após o adequado tratamento térmico⁽⁶⁾.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a dose de entrada na pele em pacientes pediátricos, submetidos a exames de tórax, nas projeções ântero-posterior (AP) e pósterio-anterior (PA), e discutir quais os parâmetros responsáveis para os valores de dose obtidos, no tocante às técnicas radiográficas empregadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento deste trabalho foram acompanhadas 107 crianças, com idades entre 0 e 15 anos, submetidas a exames de raios-X de tórax, nas projeções AP e PA. O estudo foi realizado em três hospitais e clínicas da região metropolitana do Recife, PE. Para cada paciente foi elaborada uma ficha, na qual foram anotados dados referentes ao paciente (código de identificação, sexo, data de nascimento, espessura ou diâmetro PA, peso, altura), à técnica radiográfica empregada (tensão, tempo de exposição, corrente, distância foco-filme, filtração total) e características do equipamento radiográfico, do sistema receptor de imagem e do processo de revelação dos filmes.

Inicialmente foram realizados testes dos equipamentos de raios-X, procurando avaliar a coincidência entre o campo luminoso e o campo de radiação, a coincidência entre os valores de tensão (kV) e de tempo ajustados no painel e os valores reais, além do alinhamento do feixe e a determinação da filtração total.

Para o teste de alinhamento e coincidência do campo luminoso, o equipamento de raios-X foi centralizado, um chassi carregado foi posicionado sobre a mesa e sobre este foi colocado o dispositivo de teste de alinhamento e coincidência do campo de radiação. Foi efetuada uma exposição nas condições de 40 kV e 12 mAs.

Após obtida a revelação do filme, foi efetuada a análise da radiografia, procurando-se verificar o grau de coincidência entre o enegrecimento do filme e os limites do campo luminoso, identificados no filme. Para a avaliação da tensão (kV) e do tempo de irradiação foi utilizado equipamento de teste não invasivo da Gammex, RMI, modelo 342, o qual permite obter, simultaneamente, o valor da tensão e do tempo de irradiação.

Foi também realizado teste para verificar as condições de contato entre o “écran” e o filme radiográfico. Para tanto, o cassette carregado com filme foi posicionado sobre a mesa, a uma distância do foco de 100 cm, e sobre este foi colocado o dispositivo de teste RMI 143; os parâmetros de exposição foram selecionados de modo a garantir uma densidade óptica próxima a 1. Após a revelação procurou-se analisar a imagem radiográfica em um negatoscópio, procurando observar a existência de manchas ou áreas esbranquiçadas, que indicam o mau contato “écran”-filme.

Para obter o valor da filtração total do equipamento foi inicialmente determinado o valor da camada semi-redutora (CSR), utilizando-se filtros de alumínio na saída do tubo de raios X e medindo-se, com auxílio de uma câmara de ionização, a intensidade da radiação. A partir dos dados obtidos, construiu-se um gráfico de leitura da câmara *versus* espessura do absorvedor e a partir daí determinou-se a espessura necessária para reduzir a intensidade inicial do feixe à metade. A energia efetiva do feixe de raios-X foi determinada a partir do gráfico que relaciona energia com a CSR. A partir do valor da CSR foi determinado o valor da filtração total do equipamento de raios-X⁽⁷⁾.

Para as avaliações da dose de entrada na pele foram utilizados TLDs de fluoreto de lítio (TLD-100), por possuírem alta sensibilidade e número atômico efetivo (7,42), próximo ao do tecido humano⁽⁸⁾. Esses dosímetros foram encapsulados aos pares. Foram utilizados três pares de TLDs para cada paciente, sendo um colocado no centro do campo de radiação e os demais sendo colocados simetricamente em relação ao primeiro par. O lote de TLDs utilizados possui uma variação de sensibilidade de no máximo $\pm 3\%$.

(*) Para equipamentos antigos não se deve utilizar tempos menores que 4 ms, pois o tempo de pré-pico (cerca de 2 ms) iria interferir.

Após a irradiação, a leitura dos dosímetros foi efetuada em uma leitora Victoreen 2800M e os valores das doses foram determinados a partir das curvas de calibração obtidas anteriormente, levando em consideração a contribuição da radiação de retroespalhamento.

RESULTADOS

As características dos equipamentos de raios-X das três instituições avaliadas (A, B e C) estão descritas na Tabela 1. A instituição A é um hospital público, especializado em pediatria; a instituição B é uma clínica privada, também especializada em radiologia pediátrica; e a instituição C é um hospital público de atendimento geral. Nesta tabela também são mostrados os valores da filtração total determinados a partir das CSRs medidas. A Tabela 2 mostra os resultados dos testes dos equipamentos de raios-X. Os resultados foram considerados aceitáveis quando atendiam às normas do Ministério da Saúde⁽⁹⁾ ou às da Associação Brasileira de Físicos em Medicina (ABFM)⁽¹⁰⁾. As técnicas radiográficas empregadas nas três instituições para exames de tórax são resumidas na Tabela 3.

A Figura 1 mostra a distribuição dos pacientes em função da faixa etária, na qual observa-se que o maior número de pacientes era na faixa etária de 1,1 a 4 anos (40,19%), seguida pela faixa etária de menores de 1 ano (21,50%). Na Tabela 4 são mostrados os valores de doses de entrada na pele obtidos para os exames de radiografia de tórax para as três instituições. Na Figura 2 são mostrados os valores médios da dose de entrada encontrados nos exames de raios-X de tórax nas projeções PA/AP, realizados nas instituições em estudo. Neste gráfico são mostrados os valores dos níveis de referência.

DISCUSSÃO

Com relação aos testes realizados nos equipamentos de raios-X, apenas o equipamento da instituição A mostrou-se em boas condições de funcionamento. Os demais aparelhos foram reprovados nos testes de exatidão e reprodutibilidade da tensão e do tempo de exposição. Com respeito ao teste do contato “écran”-filme, todos

Tabela 1 Sumário das características dos equipamentos de raios-X das instituições avaliadas.

Características	Instituição A	Instituição B	Instituição C
Marca	Siemens	Siemens	CGR
Gerador	Monofásico	Monofásico	Monofásico
Retificação	Onda completa	Onda completa	Onda completa
Filtração total	2,5 mmAl	7,0 mmAl	3,0 mmAl
Dispositivos de raios X	Mesa e mural	Mesa e mural	Mesa e mural

Tabela 2 Resultados dos testes dos equipamentos de raios-X das instituições A, B e C.

Testes	Instituição A	Instituição B	Instituição C
Colimação	Aceitável	Aceitável	Aceitável
Alinhamento	Aceitável	Aceitável	Aceitável
Tensão			
Exatidão	Aceitável	Não aceitável	Não aceitável
Reprodutibilidade	Aceitável	Não aceitável	Aceitável
Tempo de exposição			
Exatidão	Aceitável	Não aceitável	Não aceitável
Reprodutibilidade	Aceitável	Não aceitável	Aceitável

Tabela 3 Sumário das técnicas radiográficas utilizadas nas instituições.

I*	Faixa etária (anos)	N [†]	Espessura (cm)	Tensão (kV)	Tempo (ms)	Produto (mAs)	DFD [‡] (cm)
A	< 1	20	10,3 ± 1,0	58,4 ± 2,9	28,5 ± 3,3	4,29 ± 0,50	106,3 ± 2,9
	1,1—4	34	12,8 ± 1,2	64,4 ± 5,0	27,8 ± 2,6	4,18 ± 0,39	106,8 ± 5,0
	4,1—6	11	13,6 ± 0,84	65,8 ± 5,9	27,9 ± 2,7	4,18 ± 0,40	118,0 ± 18,0
	6,1—10	15	14,8 ± 1,5	71,8 ± 6,0	27,2 ± 1,9	4,18 ± 0,29	130,0 ± 19,0
	> 10	5	17,1 ± 1,4	76,2 ± 2,2	26,7 ± 1,9	4,0 ± 0,0	150,0 ± 0,0
B	1,1—4	3	12,67 ± 0,58	70,0 ± 0,0	25,0 ± 0,0	8,0 ± 0,0	160,0 ± 17,0
	4,1—6	4	14,5 ± 1,0	73,3 ± 3,5	25,0 ± 0,0	8,0 ± 0,0	160,0 ± 17,0
C	< 1	3	9,5 ± 0,71	39,5 ± 7,8	74,0 ± 0,0	14,8 ± 0,0	100,0 ± 0,0
	1,1—4	6	11,6 ± 1,5	55,3 ± 7,8	46,0 ± 22,0	9,2 ± 4,3	115,0 ± 19,0
	6,1—10	3	12,33 ± 0,58	65,33 ± 0,58	74,0 ± 0,0	14,8 ± 0,0	150,0 ± 0,0
	> 10	3	14,0 ± 0,0	66,0 ± 5,7	66,0 ± 11,0	16,1 ± 1,8	150,0 ± 0,0

*I, Instituição. [†]N, número de pacientes para a faixa etária correspondente. [‡]DFD, distância foco-filme.

Tabela 4 Resultados das avaliações de dose de entrada na pele por instituição.

Instituição	Faixa etária (anos)	Dose de entrada na pele (mGy)		
		Média	Valor máximo	Valor mínimo
A	< 1	0,210 ± 0,076	0,379	0,109
	1,1—4	0,260 ± 0,074	0,421	0,120
	4,1—6	0,232 ± 0,074	0,375	0,167
	6,1—10	0,194 ± 0,070	0,313	0,123
	> 10	0,124 ± 0,058	0,177	0,070
B	1,1—4	0,180 ± 0,030	0,211	0,151
	6,1—10	0,181 ± 0,060	0,248	0,132
C	< 1	0,340 ± 0,160	0,457	0,231
	1,1—4	0,460 ± 0,140	0,588	0,259
	6,1—10	0,450 ± 0,150	0,622	0,355
	> 10	0,644 ± 0,091	0,708	0,579

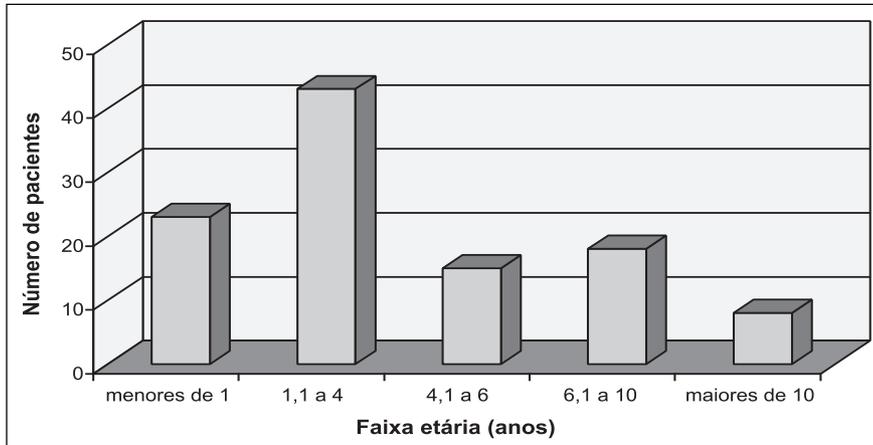


Figura 1. Distribuição de pacientes por faixa etária.

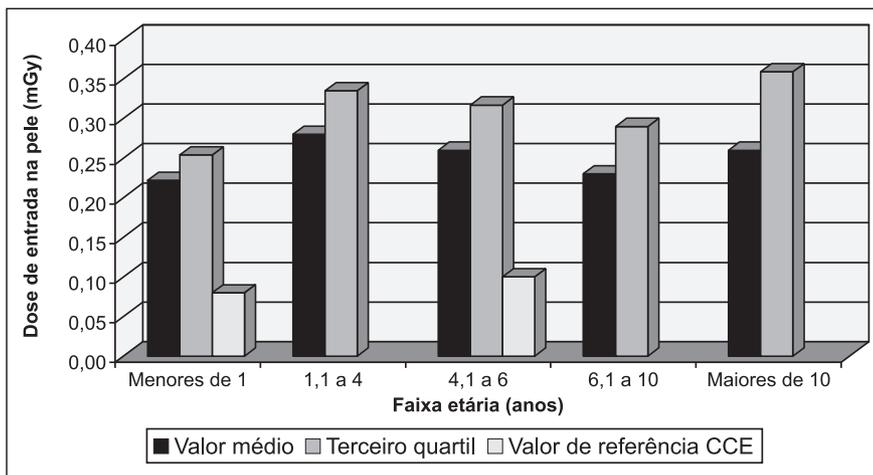


Figura 2. Valores de dose de entrada na pele em função da faixa etária, comparados aos níveis de referência da CCE⁽²⁾. Neste gráfico são mostrados os valores médios e os do terceiro quartil.

os conjuntos testados foram aprovados, nas três instituições.

A análise dos parâmetros radiográficos utilizados nas três instituições mostrou que as tensões utilizadas, sobretudo na instituição C, são mais baixas que os valores recomendados, o mesmo se verificando para as distâncias foco-filme, que em alguns casos foi inferior a 100 cm. Por outro lado, os tempos de exposição utilizados excedem o valor recomendado (10 ms) em todas as instituições avaliadas, chegando a ser, na instituição C, sete vezes maior. Outro fato relevante observado nas três instituições é o uso indiscriminado de grades antiespalhamento, utilizadas para crianças de qualquer faixa etária. Em nenhuma das instituições foi possível obter informações sobre as especificações das grades utilizadas. Nas três instituições os equipamentos

de raios-X utilizados não permitem a seleção e mudança da filtração adicional. Foi verificado também que não são utilizadas blindagens protetoras para os pacientes durante a realização dos exames.

Os resultados mostrados na Tabela 4 indicam grandes diferenças entre os valores médios de dose de entrada na pele para as três instituições. Isto se deve ao emprego de procedimentos não-padronezados, como foi mostrado na Tabela 3. Os altos valores de dose de entrada na pele observados para a instituição C podem ser explicados pelo uso de tempos de exposição e de valores de corrente mais altos que aqueles utilizados nas demais instituições avaliadas. Nesta instituição, verificou-se um precário processo de revelação dos filmes, o que, em parte, explica a utilização desses parâmetros de exposição.

Por outro lado, os valores de dose de entrada na pele encontrados são superiores aos determinados em trabalhos semelhantes^(11,12) e aos níveis de referência adotados pela CCE⁽²⁾. Esses resultados podem ser explicados por diversos fatores. Em primeiro lugar, pelos altos tempos de exposição utilizados, que decorrem do uso de equipamentos de raios-X monofásicos, nos quais o tempo de pré-pulso é alto, impossibilitando que o valor de tensão desejado seja alcançado quando se utilizam tempos de exposição mais curtos. Outro fato relevante é o uso inadequado de grades antiespalhamento, que contribuem para o aumento da radiação espalhada, aumentando a dose no paciente. O processamento inadequado dos filmes também faz com que a dose ao paciente aumente, uma vez que é necessário um maior número de fótons de raios-X atingindo o filme para que seja produzida a imagem com a qualidade necessária ao diagnóstico médico.

CONCLUSÃO

Os procedimentos radiológicos adotados nas instituições estudadas não são adequados para a radiologia pediátrica, o que resulta na elevada dose de entrada na pele dos pacientes. Fatores como tempo de exposição longo, filtração inadequada e utilização inapropriada das grades antiespalhamento contribuem para os elevados valores de dose encontrados. Recomenda-se a implantação de programas de garantia de qualidade que visam à redução da dose-paciente, com a obtenção de imagens com qualidade para o diagnóstico.

Agradecimentos

As autoras agradecem o suporte financeiro parcial da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a todos os médicos radiologistas, residentes e aos técnicos de raios-X, que permitiram a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Kirks DR, Griscom NT. Practical pediatric imaging: diagnostic radiology of infants and children. 3rd ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 1998.
2. European Community Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. EUR 16261 EN, 1996.

3. Guibelalde E, Fernández JM, Vanó E, Llorca A, Ruiz MJ. Image quality and patient dose for different screen-film combinations. *Br J Radiol* 1994;67: 166–73.
4. Organismo Internacional de Energía Atómica. Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Colección Seguridad nº 115, OIEA, Viena, 1997.
5. Schneider K, Fendel H, Bakowski C, *et al.* Results of a dosimetry study in the European Community on frequent X-ray examination in infants. *Radiat Prot Dosim* 1992;43:31–6.
6. Faulkner K, Broadhead DA, Harrison RM. Patient dosimetry measurement methods. *Appl Radiat Isot* 1999;50:113–23.
7. Khoury HJ, Hazin CA, Lima FRA, Lopes Filho FJ. Avaliação da exposição na pele do paciente e das dimensões do campo de radiação em radiografias dentais. Anais do I Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, Recife, PE, 1991:243–52.
8. Del Real R, Pifarré X, Roselló J, *et al.* Efectos de orientación de los dosímetros de termoluminiscencia (TLD-100) para rayos-X de diagnóstico. *Radioprotección* 1998;extraordinário:426–8.
9. Ministério da Saúde. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria nº 453, 1998.
10. Associação Brasileira de Físicos em Medicina. Protocolo de procedimentos para ensaios de constância para a aplicação do controle de qualidade em equipamentos de raios-X. Rio de Janeiro: ABEN, 1992.
11. Merillas A, Guibelalde E, Vanó E, Fernandez JM, Gonzalez L. Evaluación de dosis al paciente pediátrico en exploraciones simples. *Radioprotección* 1998;extraordinário:132–4.
12. Schneider K, Kohn MM, Ernest G. The derivation of reference dose values to chest X-rays in paediatric radiography. *Radiat Prot Dosim* 1998;80:199–202.

O arquivo disponível sofreu correções conforme ERRATA publicada no Volume 36 Número 3 da revista.