

Redução da dose de radiação em pacientes e equipes médicas pelo uso de filtros adicionais de cobre e alumínio nas saídas de tubos de raios X em equipamentos de hemodinâmica

Reduction of levels of radiation exposure over patients and medical staff by using additional filters of copper and aluminum on the outputs of X-ray tubes in hemodynamic equipment

Guilherme L. Weis¹, Felipe M. Müller² e Luiz A. Schuch³

¹Hospital Universitário de Santa Maria da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Santa Maria (RS), Brasil.

²Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

³Departamento de Física da UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

Resumo

A radioproteção em serviços de hemodinâmica é de grande importância. Para reduzir os níveis de radiação é possível diminuir o tempo de exposição total, melhorar a posição da equipe médica dentro da sala, utilizar equipamentos de proteção individual e coletiva, minimizar a distância do tubo intensificador de imagens em relação ao paciente, dentre outros fatores. Observa-se que essas possíveis formas de redução das exposições variam de acordo com as equipes médicas. Assim, a proposta deste trabalho é a redução de tais níveis de exposição de uma forma independente da equipe médica. Propõe-se, para isso, o uso de filtros adicionais na saída do tubo de raios X em três equipamentos de hemodinâmica, de diferentes gerações: um com detector plano de selênio amorfo, outro com tubo intensificador de imagem com dispositivo de acúmulo de carga e o terceiro com tubo intensificador de imagem com câmara de vídeo. Para quantificar a qualidade das imagens foi montado um simulador com placas de alumínio e com outros dispositivos nelas sobrepostos que possibilitam mensurar e comparar as imagens adquiridas. Para evitar dúvidas de avaliação das imagens geradas entre observadores (interobservadores) e mesmo por um único observador (intraobservador), foram utilizados métodos de análise de imagens (*threshold*, histograma, superfície 3D) a fim de medir a relação sinal-ruído, a resolução espacial, o contraste e a definição da área do sinal. Foram utilizadas, ainda, câmaras de ionização para quantificar, com e sem a adição dos filtros, as doses na entrada da pele do paciente, na entrada do tubo intensificador de imagens e na posição do médico hemodinamista. Em todos os casos foi encontrado um arranjo de filtros que permite a qualidade adequada das imagens aliada a uma redução expressiva nas exposições às radiações ionizantes, tanto do paciente quanto da equipe médica.

Palavras-chave: proteção radiológica, hemodinâmica, radiologia intervencionista, dosimetria.

Abstract

Radioprotection in hemodynamic services is extremely important. Decrease of total exposition time, better positioning of medical staff in the room, use of individual and collective protection equipment and shorter distance between the patient and the image intensifier tube are, among others, some ways to reduce the levels of radiation. It is noted that these possible forms of reducing the radiation exposition varies depending on the medical staff. Hence, the purpose of the present paper is to reduce such levels of radiation exposition in a way apart from medical staffs. It is proposed, therefore, the use of additional filters on the output of the X-ray tube in three hemodynamic equipments from different generations: detector with a flat panel of amorphous selenium, image intensifier tube with charge coupled device, and image intensifier tube with video camera. In order to quantify the quality of the images generated, a simulator made of aluminum plates and other devices was set up, so it was possible to measure and compare the acquired images. Methods of images analysis (*threshold*, histogram, 3D surface) were used to measure the signal/noise ratio, the spatial resolution, the contrast and the definition of the signal area, thus doubts regarding the analysis of the images among observers (inter-observers) and even for a single observer (intra-observer) can be avoided. Ionization chambers were also used in order to quantify the doses of radiation that penetrated the skin of the patients with and without the use of the filters. In all cases was found an arrangement of filters that combines quality of the images with a significant reduction of the levels of exposure to ionizing radiation, concerning both the patient and the medical staff.

Keywords: radiation protection, hemodynamics, interventional radiology, dosimetry.

Introdução

A exigência normativa definida na Portaria Federal 453 de junho de 1998¹, visando a maior segurança para pacientes e equipes médicas, bem como estudos realizados na área de proteção radiológica em hemodinâmica²⁻⁵ motivaram o presente trabalho, que pretende reduzir as exposições aos raios X durante os procedimentos intervencionistas.

Em proteção radiológica usa-se o princípio ALARA (*as low as reasonably achievably*), ou seja, as doses de radiações ionizantes devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis¹. Isso implica na redução máxima das doses aplicadas, mantendo-se as condições adequadas de diagnóstico e terapia.

No território nacional, o valor de referência de taxa de dose de entrada na pele é 50 mGy/min, quando o sistema de alta dose não estiver acionado¹. Esse valor de dose é bastante elevado e dificilmente atingido por equipamentos que possuem controles de qualidade e manutenções periódicas. Entretanto, a preocupação é com as doses que poderiam ser evitadas em procedimentos intervencionistas. Essas doses adicionais (aqui entendidas como doses acima das necessárias ao diagnóstico ou terapia), geradas nos procedimentos, agregam riscos tanto aos pacientes quanto à equipe médica.

O parâmetro utilizado como variável neste estudo, com o objetivo de reduzir a exposição à radiação, é a filtração adicional que resulta no endurecimento do feixe de raios X, ou seja, a retirada de fótons de menor energia que não contribuem para a qualidade da imagem e, ao contrário, proporcionam um aumento da exposição às radiações.

O objetivo deste estudo foi a determinação da filtração adicional utilizando lâminas de alumínio, de cobre, ou uma combinação de lâminas de alumínio e de cobre, com o objetivo de reduzir as doses, tanto nos pacientes quanto na equipe médica envolvida, proporcionando imagens adequadas ao propósito clínico.

Assim, foram avaliadas as diversas possibilidades de combinações de filtros adicionais (lâminas de alumínio e de cobre) para três equipamentos de diferentes gerações. Um equipamento que utiliza tubo intensificador

de imagem (TII) com câmara de vídeo; outro que TII com um dispositivo de acúmulo de carga (CCD) e o terceiro, um detector plano (DP) de selênio amorfo (a-Se).

Foram quantificadas as taxas de kerma no ar para cada um dos três equipamentos. Para cada combinação de filtros foram geradas e avaliadas as imagens resultantes e, por fim, foram sugeridos os novos filtros. Espera-se com este trabalho, além de uma melhoria contínua dos processos de controle de qualidade, como a redução da exposição ocupacional (médicos, técnicos, enfermeiros, etc.) e médica (pacientes), o cumprimento da legislação vigente.

Material e Métodos

Foram adquiridas imagens do objeto simulador conforme o protocolo de cateterismo cardíaco utilizado em cada serviço. Esse procedimento foi escolhido por ser o mais realizado nos serviços de hemodinâmica, obtendo-se, com isso, um impacto maior em relação à redução da dose de radiação nos pacientes e nas equipes médicas. Foi utilizada somente a projeção postero-anterior e o maior tamanho do campo do intensificador de imagem. Nessa projeção é possível a instalação do simulador e das câmaras de ionização de forma mais estável, além da visualização de todos os dispositivos de testes com a mínima alteração entre as medidas realizadas nos diferentes serviços.

As técnicas de exposição frequentemente utilizadas nos serviços foram indicadas pelos médicos hemodinamicistas.

As imagens e as taxas de kerma no ar obtidas nos modos acima citados foram consideradas de referência, pois são as utilizadas rotineiramente nos serviços e estão em conformidade com os testes de controle de qualidade⁶. As imagens e taxas de kerma no ar foram comparadas com as obtidas utilizando esse mesmo protocolo, mas, agora, adicionando filtros de alumínio, de cobre ou combinações desses. Os meios de coleta de dados e análise foram adaptados conforme a característica de cada equipamento. Para os equipamentos que geram imagens digitais, essas foram analisadas utilizando o *software* ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>).

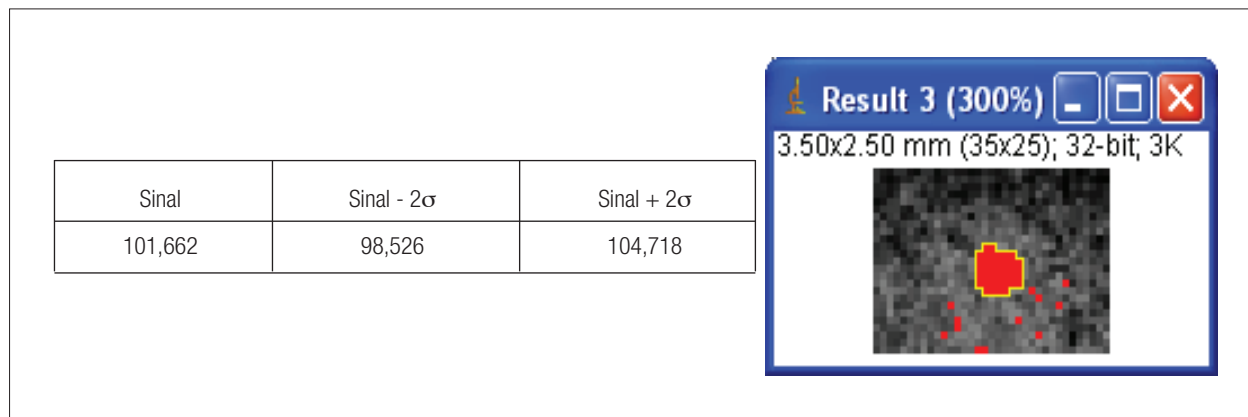


Figura 1. Avaliação da imagem através de segmentação por *threshold*.

Foram realizadas medidas nas imagens adquiridas nos respectivos dispositivos de testes: resolução espacial, discriminação de baixo contraste (Figura 1), escala de cinza (Figura 2) e visibilidade de cateteres e guias (Figura 3). Foram feitas medidas das taxas de

kerma no ar na entrada da pele do paciente (TKEP), na entrada do tubo intensificador de imagens (TKEII) ou detector plano (TKEDP) e a 70 cm de distância na direção do médico hemodinamicista (TK70), conforme a Figura 4.

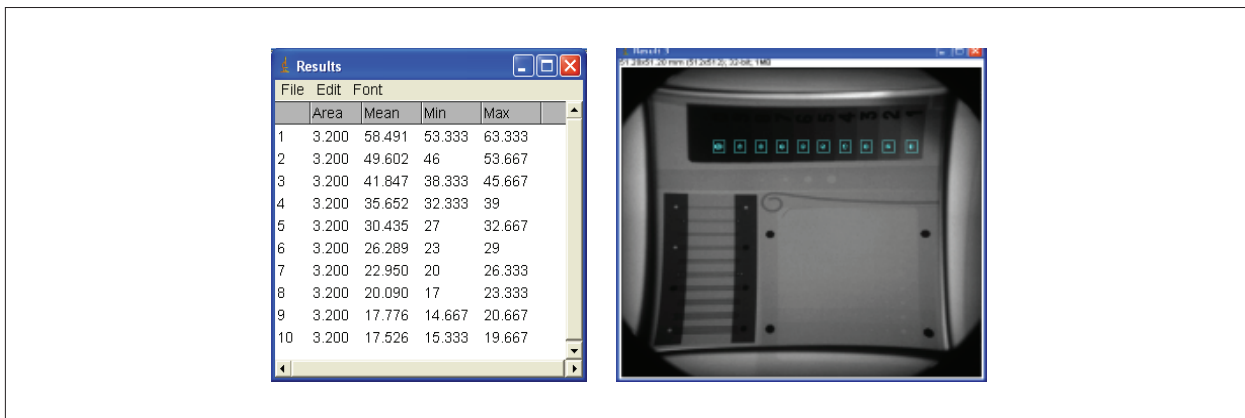


Figura 2. Avaliação da escala de contraste.

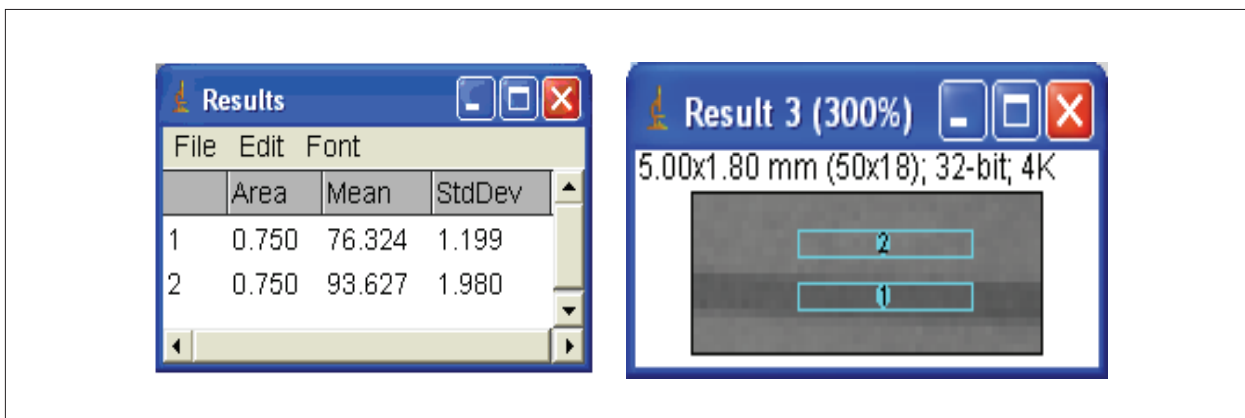


Figura 3. Avaliação do cateter e guia.

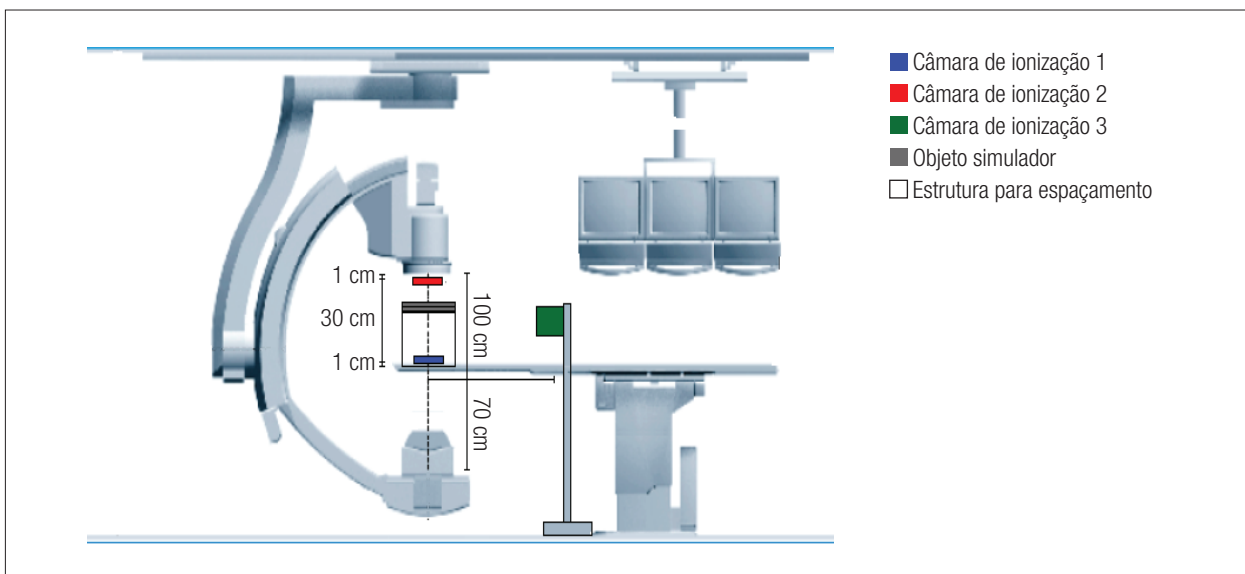


Figura 4. Geometria de posicionamento das câmaras de ionização.

Resultados

Neste trabalho são apresentados somente alguns resultados do equipamento com TII com um CCD do equipamento de hemodinâmica do Hospital Universitário de Santa Maria, devido ao grande volume de dados.

Modo fluoroscopia

No Gráfico 1, observa-se no índice 7 uma elevação do nível de contraste.

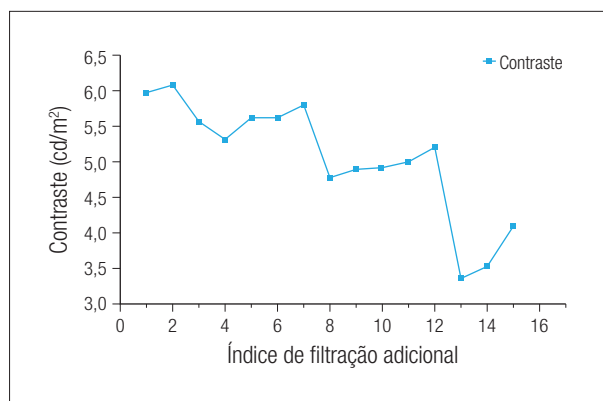


Gráfico 1. Contraste *versus* índice de filtração adicional.

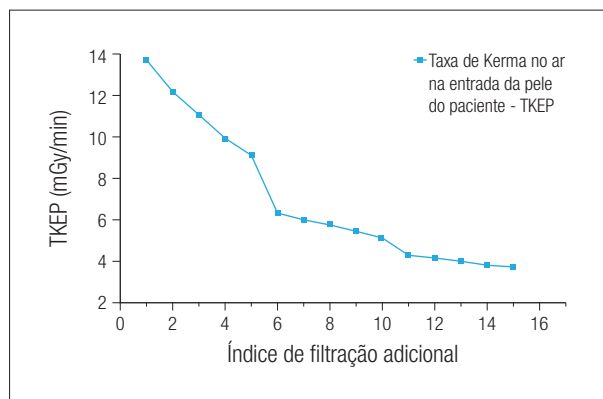


Gráfico 2. Taxas de kerma no ar na entrada da pele do paciente *versus* índice de filtração adicional.

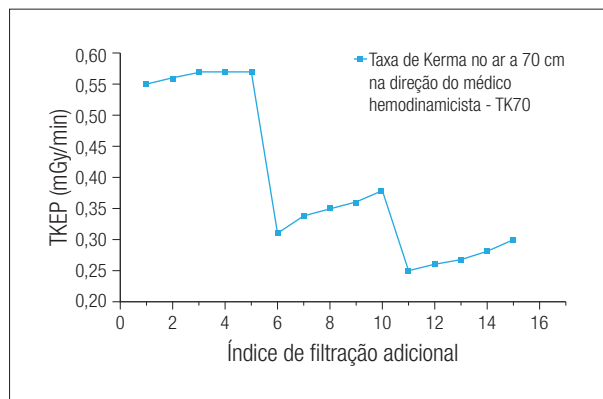


Gráfico 3. Taxa de kerma a 70 cm de distância na direção do médico hemodinamicista *versus* índice de filtração adicional.

Abaixo, nos Gráficos 2 e 3, nota-se a distribuição dos valores em 3 grupos, verificando-se redução substancial dos níveis de exposição com a adição de filtros.

No Gráfico 4 observa-se os pontos máximos que demonstram melhores resultados em relação à TKEP.

Modo grafia

No Gráfico 5 observa-se a relação sinal-ruído pelo índice de filtração adicional.

O Gráfico 6 demonstra a variação percentual do contraste e da relação sinal ruído (RSR) das imagens do catter para cada filtração adicional.

Dosimetria

Nos Gráficos 7 e 8 visualiza-se a distribuição dos valores em 3 grupos. Verifica-se uma redução substancial dos níveis de exposição com a adição de filtros.

Discussão e Conclusões

Equipamento de Hemodinâmica do Hospital Universitário de Santa Maria

- Fluoroscopia: a melhor filtração adicional foi de 0,29 mm de Cu mais 1 mm de Al, correspondendo ao índice de filtração 7. A aplicação desse filtro permitirá uma redução na TKEP de 55,89% e uma redução da TK70 de 38,8%.
- Grafia: a aplicação dos filtros 8, 9 e 10 permitirá uma redução na TKEP de 80,30; 81,69 e 82,87%, respectivamente e, na TK70 68,55; 68,16 e 66,67%. Para o modo grafia optar-se-á pelo filtro de 0,29 mm Cu mais 2 mm Al, que gera o menor aquecimento, correspondente ao índice de filtração adicional 8.

Equipamento de Hemodinâmica da Hemocor

- Fluoroscopia: melhor filtração adicional é de 0,29 mm de Cu mais 2 mm de Al, correspondendo ao índice de filtração 8. A aplicação deste filtro permitirá uma

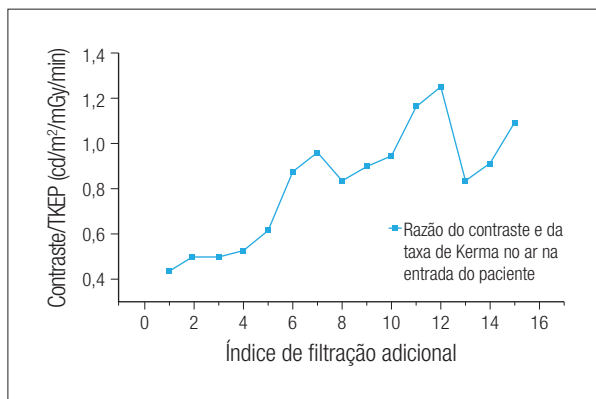


Gráfico 4. Razão do Contraste pela TKEP *versus* índice de filtração adicional.

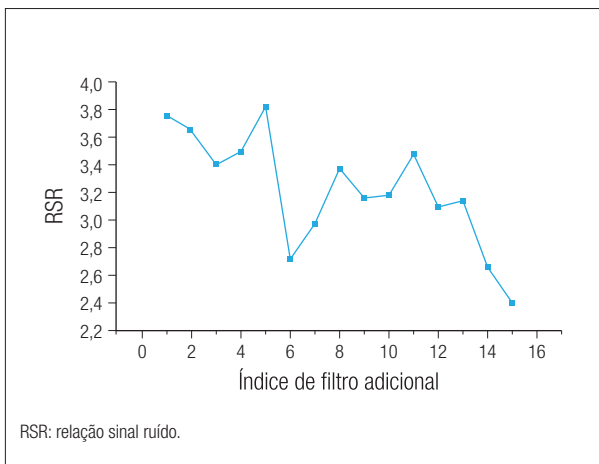


Gráfico 5. Gráfico da relação sinal-ruído *versus* índice de filtração adicional.

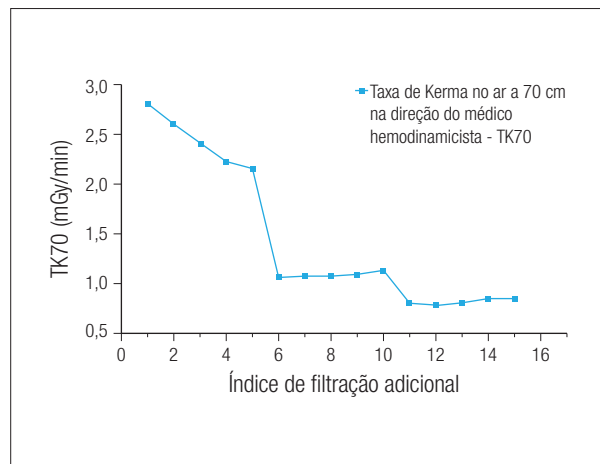


Gráfico 8. Taxa de kerma no ar a 70 cm na direção do médico hemodinamicista *versus* índice de filtração adicional.

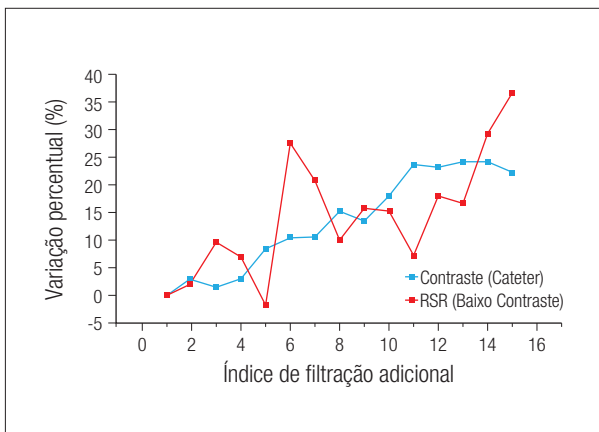


Gráfico 6. Variação percentual do contraste na imagem do cateter e relação sinal-ruído de baixo contraste *versus* índice de filtração adicional.

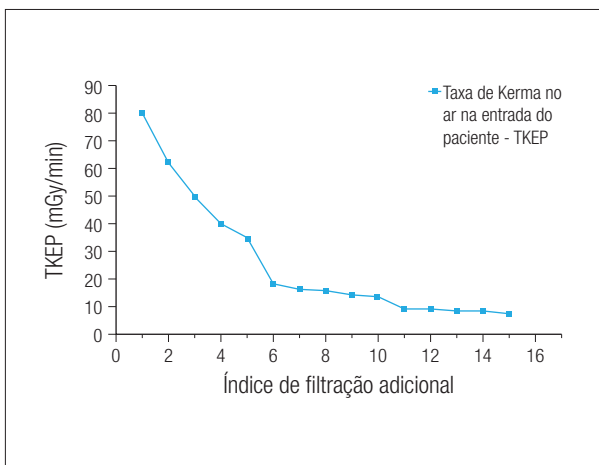


Gráfico 7. Taxa de kerma no ar na entrada da pele do paciente *versus* índice de filtração adicional.

redução na TKEP de 48,81% e uma redução da TK70 de 23,91%.

- Grafia: a melhor filtração adicional foi de 0,29 mm de Cu mais 2 mm Al correspondendo ao índice de filtração 8. A aplicação deste filtro permitirá uma redução na TKEP de 72,53% e na TK70 de 52,30%.

Equipamento de Hemodinâmica do Instituto do Coração de Santa Maria

- Grafia: propõe-se uma filtração adicional de 0,29 mm Cu, representado pelo índice 6. Essa filtração proporciona um aquecimento adicional de 19,77% (2627,63 HU), uma variação de contraste no cateter e RSR de baixo contraste de 3,04 e 7,43%, respectivamente. Ainda, para essa filtração adicional haverá uma redução TKEP de 75,32% e na TK70 de 63,11%.

Pode-se afirmar que, com o uso dos filtros adicionais, a dose de radiação no paciente e nas equipes médicas pode ser reduzida sem prejuízo do diagnóstico.

Agradecimentos

Ao Hospital Universitário de Santa Maria (UFSM), HEMOCOR SM – Cardiologia Intervencionista e Instituto do Coração de Santa Maria (ICOR).

Referências

1. Brasil. Ministério da Saúde. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico. Portaria Federal 453 de 1º de junho de 1998.

2. Food and Drugs Administration (FDA). Avoidance of serious x-ray-induced skin injuries to patients during fluoroscopically-guided procedures. FDA; 1994.
3. Gronchil, CC. Exposição Ocupacional em Serviços de Hemodinâmica [dissertação]. São Paulo: Instituto de Engenharia e Ambiente, Universidade de São Paulo; 2004.
4. Dias DM, Dantas SC, Souza DN. Aspectos de Radioproteção em Serviço de Hemodinâmica. In: XI Congresso Brasileiro de Física Médica. Ribeirão Preto; 2006.
5. Tsapaki V, Kottou S, Kollaros N, Dafnomili P, Kyriakidis Z, Neofotistou V. Dose performance evaluation of a charge coupled device and a flat-panel digital fluoroscopy system recently installed in an interventional cardiology laboratory. *Radiat prot Dosiometry*. 2004;111(3): 297-304.
6. Brasil. Ministério da Saúde. Radiodiagnóstico Médico, Segurança e Desempenho de Equipamentos, RE 1016. ANVISA; 2005.