

## OTIMIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE EXPOSIÇÃO EM RADIOLOGIA CONVENCIONAL<sup>1</sup>

### *EXPOSURE OPTIMIZATION TECHNIQUES IN CONVENTIONAL RADIOLOGY*

**Thiago Victorino Claus<sup>2</sup> e Roseli Kunzel<sup>3</sup>**

#### **RESUMO**

Neste trabalho teve-se como objetivo desenvolver um método para elaborar tabelas de técnicas de exposição para os principais exames de radiologia convencional em função de uma estrutura anatômica específica. Foram acompanhados radiografias de pacientes adultos em diversos procedimentos técnicos em um Pronto Atendimento Municipal (PAM) da região de Santa Maria-RS, com dois equipamentos de raios-x distintos. Para cada equipamento foi levantado uma constante em função da tensão (kVp), espessura da região específica e condições de processamento químico utilizado. Duas tabelas de técnicas foram confeccionadas, uma para cada equipamento. A avaliação da dose de entrada na pele foi feita com a utilização de uma câmara de ionização. Os resultados obtidos nas salas de exames radiológicos do PAM, quando comparados com os Níveis de referência, mostram significativa redução da Dose de Entrada na Pele (DEP) obtida na sala 1 e sala 2 do PAM, mostrando a eficiência no desenvolvimento e a otimização das tabelas de técnicas de exposição, ainda quando temos equipamentos distintos. Os valores médios de dose de entrada na pele para os exames investigados, em função da região anatômica, espessura e incidência radiográfica, foram: coluna lombar (6,0 mGy), abdome (2,5 mGy), crânio (3,0 mGy) e tórax (0,2 mGy) para as condições referência de um adulto típico. O desenvolvimento de tabelas de exposição, usando o procedimento descrito neste trabalho promoveu uma significativa redução da dose de entrada na pele sem perda de qualidade da imagem. Este procedimento facilita o desenvolvimento destas tabelas e adaptam-se as exigências da Portaria Federal 453.

**Palavras-chave:** equipamentos de raios-x, dose de radiação, controle de qualidade.

---

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação - TFG.

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Física Médica - UNIFRA. E-mail: thiagoclausrx@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Orientadora - UNIFRA. E-mail: roselikunzel@gmail.com

## **ABSTRACT**

*This work had as aim to develop a method for preparing tables of display techniques for the main examinations in conventional radiology function of a specific anatomical structure. It was followed radiographs from adult patients in various technical procedures in an Emergency room with two distinct x-ray equipments. For each equipment it was raised in a constant function of voltage (kVp), the thickness of the specific region and chemical processing conditions used. Two tables' techniques were created, one for each equipment. The evaluation of the dose of skin Entrance was made with the use of an ionization chamber. The results of radiological examinations in the rooms of the Emergency room compared with reference levels showed significant reduction in dose of Entry Through Skin obtained in the room 1 and room 2, what shows the efficiency in the development and optimization of the exposure tables techniques, even when we have separate equipments. Mean values of entrance dose skin tests investigated, according to the anatomical area, thickness and radiograph were: lumbar spine (6.0 mGy), abdomen (2.5 mGy) skull (3.0 mGy) and chest (0.2 mGy) for the reference conditions of a typical adult. The development of tables of exposure, using the procedure described in this study caused a significant dose reduction of entry the skin without loss of image quality. This procedure facilitates the development of these tables and adapt to the requirements of the Federal Ordinance 453.*

**Keywords:** *x-ray equipments, radiation dose, quality control.*

## **INTRODUÇÃO**

Os raios X foram descobertos em 8 de novembro de 1895 pelo físico alemão Wilhelm Konrad Roentgen e semanas após a sua descoberta, jornais já publicavam artigos descrevendo os efeitos dos misteriosos raios em pacientes e trabalhadores. Surgiram dessa forma as primeiras pesquisas relacionadas aos efeitos da radiação X à saúde, demonstrando a preocupação de parte dos cientistas do final do século passado com as consequências da utilização dos raios X. As técnicas radiográficas utilizadas nos primórdios da Radiologia Diagnóstica apresentavam tempos de exposição que poderiam chegar a 40 ou 45 minutos. O período entre 1928 e 1934 foi marcado pela fundação da ICRP (*International Commission on Radiation Protection*) durante o Segundo Congresso Internacional de Radiologia em Estolcomo (1928). A partir de então, esta Comissão passou a

definir os limites e as principais diretrizes de radioproteção que vêm sendo seguidas pela maior parte dos países do mundo (CARROL, 1993).

O princípio da otimização também foi incorporado à publicação de número 453 do Ministério da Saúde que determina as diretrizes de proteção radiológica em Radiodiagnóstico médico e odontológico (ANVISA, 1998). Nesta Portaria, ficou estabelecido que as instalações e as práticas clínicas devem ser planejadas, implantadas e executadas de modo que as doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições acidentais respeitem o princípio ALARA, bem como as restrições de dose aplicáveis. ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) é um acrônimo para a expressão “tão baixo quanto razoavelmente exequível”, com original em inglês (HENDEE; RITENOUR, 1992).

A otimização da proteção radiológica também deve ser aplicada nos procedimentos de trabalho de forma a garantir imagens com qualidade suficiente para diagnóstico com a menor dose de radiação possível para o paciente (GRAY, 1983). Para tanto, é de grande importância que a equipe técnica, que realiza os procedimentos específicos relativos à aquisição de imagens em pacientes, possua conhecimento teórico e prático de técnicas radiográficas adequadas a fim de produzir imagens de boa qualidade com baixa dose de radiação para o paciente (BENJAMIN; SHUNG; SMITH, 1992; WELLS, 1993; WEBB, 1995). Outro fator importante é a confecção de uma tabela de técnicas radiográficas em um setor de radiologia para cada aparelho de raios X utilizado na prática clínica. Essas tabelas devem servir como referência para o técnico uma vez que os procedimentos, em sua maioria, são realizados de forma qualitativa não seguindo nenhum padrão para definir a técnica adequada para cada paciente, resultando em exposições desnecessárias e um alto índice de rejeitos (HAUSS, 1993). Neste trabalho, objetivou-se desenvolver e avaliar as tabelas de exposição dos principais exames radiológicos realizados em um Pronto Atendimento Municipal (PAM) da região de Santa Maria-RS com relação à espessura e estrutura da região radiografada.

## **METODOLOGIA**

O setor de radiologia de um Pronto Atendimento Municipal (PAM) da região funciona com duas salas de exames radiológicos convencionais. A sala número um dispõe de um equipamento de raios-X da marca Intecal, modelo CR 500/600mA que opera em uma faixa de tensão entre 40 e 140 kVp e corrente entre 100 e 600 mA. O tubo de raios X é acoplado a um gerador de baixa frequência. A

sala número dois dispõe de um equipamento de raios-X da marca SIMENS, modelo Polymat Plus S, que opera em uma faixa de energia de tensão entre 40 e 125 kVp e corrente entre 80 e 320 mA. Este equipamento possui um gerador de alta frequência.

Os filmes de raios X são revelados utilizando-se uma processadora da marca MACROTEC que opera a uma temperatura do revelador de 34°C e leva 2,5 minutos para processar uma imagem. A câmara clara é equipada com três negatoscópios onde são analisadas as radiografias quanto ao contraste, densidade, posicionamento, enquadramento, nitidez e colimação.

O desenvolvimento das tabelas de técnicas de otimização da dose e qualidade da imagem para cada equipamento foi executado com o objetivo de determinar uma constante para definir a tensão adequada para os tipos de exames realizados e o valor do produto corrente-tempo (mAs), levando-se em conta a estrutura do corpo humano que será radiografada. Esta etapa foi acompanhada por um médico radiologista para avaliação da qualidade diagnóstica das imagens e pelos técnicos em radiologia na realização dos exames (LINKE et al., 2001).

A determinação da constante (k) para a radiografia de regiões que possuem estruturas ósseas para cada equipamento foi realizada com base em uma imagem considerada de boa qualidade do crânio. Essa estrutura foi escolhida por ser uma das regiões do corpo que não possui variação significativa na espessura entre os diferentes indivíduos. Assim foram avaliadas a distância anteroposterior (DAP) para os pacientes examinados, medida com o auxílio de um espessmetro, a tensão (kV) e o mAs utilizado para realização dos exames. A Constante k para cada equipamento foi determinada utilizando-se a seguinte relação (BIASOLI, 2007):

$$kVp = 2esp + k, \quad (1)$$

em que *esp* corresponde à espessura da região radiografada. A constante k do equipamento foi determinada a partir da expressão:

$$k = kVp - 2esp. \quad (2)$$

O mesmo procedimento foi aplicado para a determinação da constante k específica para a região do tórax. Foi então confeccionado uma tabela relacionando as estruturas anatômicas, o valor da constante k e o mAs para ambas as salas do PAM.

A dose na entrada da pele (DEP) para os exames realizados foi avaliada com uma câmara de ionização da marca Radcal, modelo 9015, com volume sensível de 6 cm<sup>3</sup>. A DEP foi calculada conforme os fatores técnicos dos principais

exames (coluna lombar, abdômen, tórax e crânio) em ambas as salas do setor de radiologia, para isso utilizou-se a seguinte relação (BONTRAGER, 2006):

$$DEP = k_{ar} \cdot BSF \cdot k(P,T) \quad (3)$$

em que  $k_{ar}$  é o kerma no ar (*Kinetic Energy Released per unit of Mass*), ou seja, o valor médio das leituras,  $BSF$  que é o fator retro espalhamento que segundo o manual estimar em 1,4,  $k(P,T)$  é o fator de calibração temperatura e pressão, e neste modelo da RADICAL o sistema faz esta correção.

Para esta avaliação foi necessário posicionar e alinhar a câmara de ionização com a cúpula acima da mesa, selecionar um tamanho de campo de irradiação e a distância foco pele.

A seguir, quatro exposições foram realizadas para obter a média das leituras de kerma no ar. Assim, sabendo a exposição no ar calcula-se a Dose de Entrada na Pele (DEP) e comparam-se os resultados com os níveis de referência estabelecido para um individuo típico, segundo o Manual Técnico da ANVISA (ANVISA, 1998). As características dos equipamentos de raios-X do setor de radiologia do PAM estão descritas na tabela 1.

**Tabela 1** - Sumário dos equipamentos de raios-X do PAM.

Características	Sala 1	Sala 2
Marca	Intecal	Siemens
Gerador	Trifásico * Baixa Frequência	Trifásico * Alta Frequência
Filtração total	2,5 mmAl	2,5mmAl
Dispositivo de raios-X	Mesa e buck mural	Mesa e buck mural

## RESULTADOS

Na tabela 2, são apresentados os resultados dos testes dos equipamentos de raios-X.

Os resultados foram considerados aceitáveis quando atendiam às normas do Ministério da Saúde ou às da Associação Brasileira de Física Médica-ABFM (ANVISA, 1998). As Técnicas radiográficas empregadas para os diferentes exames das salas de raios-X estão resumidas na tabela 3 e 4. A comparação das doses de entrada na pele é apresentada na figura 1, para os exames realizados com os equipamentos nas salas de exames radiológicos do PAM. A comparação é com os

níveis de referência e apresenta significativa redução, mostrando assim a eficiência no desenvolvimento e na otimização das tabelas de técnicas de exposição, mesmo para equipamentos distintos.

**Tabela 2** - Resultados dos testes de controle de equipamentos de Raios-X em duas salas de exames de um Pronto Atendimento Municipal da região de Santa Maria-RS.

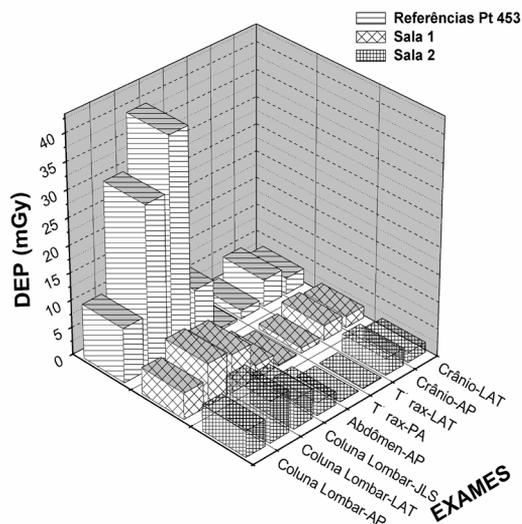
Testes	Sala 1	Sala 2
Colimação	Aceitável	Aceitável
Alinhamento	Aceitável	Aceitável
Tensão	-	-
Exatidão	Aceitável	Aceitável
Reprodutibilidade	Aceitável	Aceitável
Tempo de exposição	-	-
Exatidão	Não aceitável	Aceitável
Reprodutibilidade	Não aceitável	Aceitável

**Tabela 3** - Resultados obtidos na sala número um dos equipamentos de Raios-X de um Pronto Atendimento Municipal da região de Santa Maria-RS.

Região	Projeção	Espessura (cm)	Constante (k)	Produto corrente-tempo (mAs)	Tensão (kVp)	Dose (mGy)
Coluna lombar	AP	23	35	80	81	4,8
Coluna lombar	LAT	30	35	80	95	7,7
Coluna lombar	JLS	20	35	80	75	6,9
Abdômen	AP	23	35	40	81	2,5
Tórax	PA	23	70	6,6	116	0,21
Tórax	LAT	32	70	13,2	134	0,94
Crânio	AP	19	35	52	73	2,7
Crânio	LAT	15	35	52	65	2,1

**Tabela 4** - Resultados obtidos na sala número um dos equipamentos de Raios-X de um Pronto Atendimento Municipal da região de Santa Maria-RS.

Região	Projeção	Espessura (cm)	Constante (k)	Produto corrente-tempo (mAs)	Tensão (kVp)	Dose (mG)
Coluna lombar	AP	23	25	40	66	4,8
Coluna lombar	LAT	30	25	40	80	7,6
Coluna lombar	JLS	20	25	40	60	5,3
Abdômen	AP	23	25	25	66	2,4
Tórax	PA	23	50	2	96	0,08
Tórax	LAT	32	50	2	114	0,13
Crânio	AP	19	25	32	63	3,1
Crânio	LAT	15	25	32	55	1,8



**Figura 1** - Resultados das comparações dos níveis de dose de entrada na pele (DEP) para as salas um e dois de um Pronto Atendimento Municipal da região de Santa Maria-RS (A referência Pt 453 é da Ref. (ANVISA, 1998)).

## DISCUSSÃO

A DEP foi menor na sala dois devido a características específicas do equipamento, o qual utiliza gerador de alta frequência, cuja quilovoltagem média, nesse equipamento, tem um poder de penetração mais efetivo quando comparado ao equipamento da sala um, que necessita aumentar o tempo de exposição, aumentando a dose de entrada na pele. O setor de radiologia do Pronto Atendimento Municipal (PAM) atende cerca de 1400 pacientes por mês, os exames de tórax representam 50% do total dos exames, ou seja, 700 pacientes. Considerando os níveis recomendados pelo manual técnico (ANVISA, 1998) na incidência PA de tórax, de 0,4 mGy, os valores obtidos do equipamento da sala dois do PAM para a mesma incidência são de 0,08 mGy, fornecendo uma dose de entrada na pele do paciente reduzida em cinco vezes. Outro exame importante em pronto atendimento é o da incidência AP (Anteroposterior) do abdômen que representam 10 % dos exames do PAM. Em acordo com os níveis de referência, a DEP é de 10 mGy. Nos exames realizados na sala um do PAM, o valor da DEP é de 2,5mGy representando uma redução significativa em quatro vezes a dose de entrada na pele. A redução da DEP no tórax e abdômen consequentemente reduz a dose nos tecidos internos ou órgãos como pulmão, mama, tireoide, esôfago, medula óssea, estômago, fígado, cólon e bexiga, minimizando os riscos dos efeitos somáticos.

## CONCLUSÃO

Após análise dos resultados obtidos, usando o procedimento de otimização proposto nesse trabalho, conclui-se que os equipamentos de radiologia das salas um e dois de um Pronto Atendimento Municipal da região de Santa Maria-RS estão em acordo com a legislação e não oferecem risco à população usuária, pois promoveu uma significativa redução da dose de entrada na pele sem perda de qualidade da imagem. Outro ponto importante é com relação ao controle de qualidade que é uma prática usada no setor e é imprescindível no uso das radiações, garantindo a segurança necessária à população. Outro fator, este econômico, é o do desgaste do tubo de raio X, pois quanto menor o mAs durante cada procedimento maior será a sua vida útil. Nesse caso, com os procedimentos otimizados o tubo de raio X terá uma vida útil maior, comparado com aqueles sem otimização.

Para finalizar, as tabelas de exposição propostas facilitam o desenvolvimento das atividades na rotina de exames radiológicos e adaptam-se às exigências da Portaria Federal 453 (ANVISA, 1998).

## 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.

BENJAMIN, T.; SHUNG, K.K.; SMITH, M.B. **Principles of Medical Imaging**. San Diego, California: Academic Press, 1992.

BIASOLI Jr., A. M. **Manual de Posicionamento Radiográfico**. Rio de Janeiro: Ed. Rubio, 2007.

BONTRAGER, L. K. **Tratado de Técnicas Radiológicas e Base Anatômica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

CARROLL, Q. B. **Fuchs's Radiographic Exposure, Processing and Quality Control**. 5 ed. Illionis, USA: Charles C. Thomas Publisher Springfield, 1993.

GRAY, J. E. **Quality Control in Diagnostic Imaging**. Rochester, Minnesota: Mayo Foundation, 1983.

HAUSS, A.G. **Film Processing in Medical Imaging Medical Physics**. Wisconsin: Publishing Madison, 1993.

HENDEE, W. R.; RITENOUR, R. **Medical Imaging Physics**, 3. ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc., 1992.

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

LINKE, A.; SILVA, A. M. M.; ALVES, N. M., SCHMITZ, C. A. A. **Implantação de um programa de garantia de qualidade no serviço de radiologia do HUSM**. Santa Maria: HUSM, 2001.

WEBB, S. **The Physics of Medical Imaging**. Bristol: IOP, 1995.

WELLS, P. N.T. **Advances in Ultrasound Techniques and Instrumentation**. New York: Churchill-Livingstone, 1993.

