

**ESTUDO DA DOSE DE RADIAÇÃO ABSORVIDA EM EXAMES DE
RADIODIAGNÓSTICO – COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES
EQUIPAMENTOS DE RAIOS X**

**STUDY OF THE ABSORBED DOSE RADIATION IN RADIOLOGICAL EXAMS -
COMPARISON AMONG DIFFERENT X-RAY EQUIPMENTS**

**ESTUDIO DE LA DOSIS DE RADIACIÓN ABSORBIDA EN EXÁMENES DE
RADIODIAGNÓSTICO – COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES EQUIPOS DE
RAYOS X**

MARCO A. R. FERNANDES^{1,2,3}

CHARLENE O. REIS^{2,3}

PAULO L. GARCIA^{2,3}

MARCELO A. F. LIMA⁴

FERNANDO L. D. DALAQUA⁴

VLADIMIR E. COSTA²

Recebido em Novembro de 2011. Aceito em Junho de 2012

¹ Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu, FMB – Botucatu – SP, Brasil.

² Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP - Botucatu – SP, Brasil.

³ Nucleata Radiometria – Ltda – Araçatuba – SP, Brasil.

⁴ Hospital das Clínicas da UNESP de Botucatu - Serviço de Radiologia - Botucatu – SP, Brasil.

UNESP – Faculdade de Medicina - Distrito de Rubião Junior s/nº. 18.618-970, Botucatu, SP
marco@cetea.com.br / marfernandes@fmb.unesp.br

ESTUDO DA DOSE DE RADIAÇÃO ABSORVIDA EM EXAMES DE RADIODIAGNÓSTICO – COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES EQUIPAMENTOS DE RAIOS X

RESUMO

O trabalho apresenta as medidas da dose de radiação absorvida em exames de radiodiagnóstico realizados em três diferentes equipamentos de raios X, empregando as mesmas técnicas radiográficas de rotina no Serviço de Radiologia do Hospital das Clínicas da UNESP de Botucatu. Os respectivos valores das medidas foram analisados em gráfico correlacionando a dose com a respectiva energia (kVp) do feixe, extraindo assim uma expressão matemática da dose em função do kVp. Esta expressão poderá auxiliar os profissionais das técnicas radiológicas na determinação do kVp mais apropriado que possa minimizar a dose de radiação absorvida pelos pacientes durante os procedimentos de radiografia, e evitar a repetição de exames. Os resultados mostram que a dose de radiação pode variar de até 1,24 mGy de um equipamento de raios-x para outro dentro do mesmo serviço e considerando a mesma técnica radiográfica. Observou-se que a dose de radiação absorvida foi sistematicamente maior para o equipamento C, seguido do equipamento B, sendo que o equipamento A proporciona a menor dose. O trabalho reforça que o profissional responsável pela realização dos exames radiológicos deve ter pleno conhecimento da condição de operação dos equipamentos emissor de radiação, e que as técnicas radiológicas (kVp e mAs) devem ser ajustadas para os respectivos equipamentos de raios X utilizados.

Palavras chave: controle de qualidade, dose de radiação, raios-x, técnicas radiológicas.

STUDY OF THE ABSORBED DOSE RADIATION IN RADIOLOGICAL EXAMS - COMPARISON AMONG DIFFERENT X-RAY EQUIPMENTS

ABSTRACT

The paper presents the measures of the absorbed radiation dose in radiological exams accomplished in three different x-ray equipments, using the same techniques radiographics routine in the radiology service of the Clinics Hospital of UNESP of Botucatu. The respective values of the measures were analyzed in graph correlating the dose with the respective beam energy (kVp), extracting like this a mathematical expression from the dose in function of the kVp. This expression can aid the professionals of the radiological techniques in the determination of the most appropriate kVp than it can minimize of absorbed radiation dose for the patients during the x-ray procedures, and to avoid the repetition of exams. The results show that the radiation dose can vary of to 1,24 mGy of an x-ray equipment for other inside of the same service and considering the same radiological technique. It was observed that the absorbed radiation dose went systematically larger for the equipment C, following by the equipment B, and the equipment A provides to smallest dose. The paper reinforces that the responsible professional for the accomplishment of the radiological exams should have full knowledge of the condition of operation of the radiation equipments, and that the radiological techniques (kVp and mAs) they should be adjusted for the respective x-ray equipments used.

Key words: quality control, radiation dose, x-ray, radiological techniques.

ESTUDIO DE LA DOSIS DE RADIACIÓN ABSORBIDA EN EXÁMENES DE RADIODIAGNÓSTICO – COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES EQUIPOS DE RAYOS X

RESUMEN

El trabajo presenta las medidas de las dosis de radiación absorbida en exámenes de radiodiagnóstico realizados en tres diferentes equipos de rayos X, empleando las mismas técnicas radiográficas de rutina en el Servicio de Radiología del Hospital das Clínicas da UNESP de Botucatu. Los respectivos valores de las medidas fueron analizados en gráfico correlacionando la dosis con la respectiva energía (kVp) del fajo, extrayendo así una expresión matemática de la dosis en función del kVp. Esta expresión podrá auxiliar los profesionales de las técnicas radiológicas en la determinación del kVp más apropiado que pueda minimizar la dosis de radiación absorbida por los pacientes durante los procedimientos de radiografía, y evitar la repetición de exámenes. Los resultados muestran que la dosis de radiación puede variar de hasta 1,24 mGy de un equipo de rayos-x para otro dentro del mismo servicio y considerando la misma técnica radiográfica. Se observó que la dosis de radiación absorbida fue sistemáticamente mayor para el equipo C, seguido del equipo B, y que el equipo A proporciona la menor dosis. El trabajo refuerza que el profesional responsable por la realización de los exámenes radiológicos debe tener pleno conocimiento de la condición de operación de los equipos emisor de radiación, y que las técnicas radiológicas (kVp e mAs) deben ser ajustadas para los respectivos equipos de rayos X utilizados.

Palabras clave: Control de calidad. Dosis de radiación. Rayos X. Técnicas

1. INTRODUÇÃO

Os exames de radiodiagnósticos devem ser realizados por profissionais habilitados que dominem os conceitos das técnicas radiológicas e conheçam os princípios de radioproteção. A aplicação da técnica radiográfica adequada e ajustada para os diferentes equipamentos emissores de radiação é condição essencial para a obtenção de uma imagem radiográfica de qualidade e que possa fornecer as informações clínicas desejadas, evitando a repetição de exames.

A Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde definiu, com a implantação da Portaria nº 453/98 ⁽¹⁾, as diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, estabelecendo os testes de controle de qualidade dos parâmetros radiométricos dos feixes de radiação, os quais devem ser realizados com periodicidade anual (equipamentos de radiologia médica) ou a cada dois anos (equipamentos de radiologia odontológica). As práticas radiológicas devem ser planejadas, implantadas e executadas de modo que a magnitude das doses individuais de radiação absorvida sejam tão baixas quanto razoavelmente exequíveis. Assim, as imagens radiográficas produzidas na rotina dos serviços de radiologia, além de apresentarem boa qualidade para o perfeito diagnóstico,

devem minimizar a dose de radiação nos pacientes ⁽²⁾.

As técnicas radiográficas empregadas pelos profissionais e as condições operacionais do equipamento de raios X influenciam na qualidade da imagem e na dose de radiação emitida durante os exames radiográficos. Estudos demonstram que é possível obter boas imagens radiográficas com dose de radiação relativamente baixa ⁽³⁻⁴⁻⁵⁾.

A importância da implantação de programas de garantia de qualidade em equipamentos de radiologia, de forma contínua, é enfatizada em vários guias e protocolos internacionalmente preconizados ⁽⁶⁻⁷⁻⁸⁾. A avaliação da dose absorvida pelos pacientes durante exames de radiodiagnóstico, também tem sido alvo de investigação de vários pesquisadores ⁽⁹⁻¹⁰⁻¹¹⁾.

A realização sistematizada de testes de controle de qualidade dos parâmetros radiométricos tem beneficiado toda a comunidade envolvida com as técnicas radiológicas ⁽¹²⁻¹³⁾.

Neste sentido, pode-se observar que, com regras mais rígidas e maior fiscalização, os fabricantes de equipamentos de radiologia ampliaram os investimentos produzindo cabeçotes mais seguros e feixes de radiação com melhor qualidade. Aqueles equipamentos de radiação que apresentaram algum parâmetro radiométrico em desconformidade com os valores

estabelecidos pela legislação têm sido substituídos ou readequados.

Um dos pontos fortes do programa de garantia de qualidade é o aperfeiçoamento técnico, o qual visa tanto a melhora do desempenho do equipamento quanto o uso de técnicas empregadas as quais minimizem a dose sem comprometimento da qualidade da imagem, ou seja, que possibilite sua prática de forma responsável ⁽¹⁴⁻¹⁵⁻¹⁶⁾.

O objetivo deste trabalho é avaliar a variação da dose de radiação absorvida durante os exames de radiologia, comparando os valores medidos com a mesma técnica radiográfica realizada em três diferentes equipamentos de raios X de mesmo modelo e em um mesmo serviço de radiologia. Pretende-se ilustrar a importância de se conhecer as condições de operacionalidade dos equipamentos de raios X, e realçar a necessidade de adequação das técnicas radiográficas utilizadas em função do equipamento emissor de radiação. Os valores medidos da dose de radiação absorvida foram analisados graficamente e foram extraídas três expressões matemáticas que relacionam a dose de radiação em função do kVp aplicado, visando assim subsidiar o profissional das técnicas radiológicas na escolha da energia do feixe mais adequada para cada um dos três equipamentos de raios-x analisados, uma vez que a técnica aplicada depende da espessura da área a ser radiografada, da

densidade da área e do número atômico dos elementos químicos que constituem uma determinada área.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Setor de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu, sob a concordância e acompanhamento do supervisor de técnicas radiológicas responsável do setor. Foram anotadas seis técnicas radiográficas: energia do feixe (kVp) e corrente elétrica (mAs) mais comumente utilizadas no serviço, e fornecida por um profissional habilitado do setor. A escolha destas técnicas se deu aleatoriamente, visando avaliar a variação da dose de radiação absorvida em função do kVp aplicado para cada um dos equipamentos de raios X analisados. As doses de radiação absorvida foram medidas em três diferentes equipamentos de raios-x utilizados no hospital, empregando as mesmas técnicas radiográficas. A distância do foco ao detector foi de 1,0 metro.

Os equipamentos de raios X avaliados possuíam os indicadores do mA e do tempo conjugados, assim, se manteve fixo o valor do mAs, variando apenas o kVp, conforme ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de kVp e mAs empregados

kVp	mAs
-----	-----

58,5	63,0
60,0	63,0
70,0	63,0
81,0	63,0
90,0	63,0
100,0	63,0

Os três equipamentos de raios X utilizados, os quais foram denominados pelas letras A (EQ. A), B (EQ. B) e C (EQ. C), são aparelhos de radiologia convencional da marca Siemens, com comando digital, modelo multix-B, com parâmetros máximos de funcionamento de 125 kVp e 500 mA, possuem controle automático de exposição (AEC) e trabalham com o sistema de armazenamento CR (Radiologia Computadorizada). A filtração equivalente do feixe de raios-x é de 1mm Al. A distância foco-filme utilizada nessas técnicas foi de 1,00 m.

O instrumento de medida utilizado para leitura da dose de radiação absorvida foi o Detector ThinX RAD, fabricado pela Unfors, número de série 30000992, certificado de calibração nº: 30000992 – 100330 de 30/03/2010. O detector foi posicionado sob o feixe de raios X, a 1,0 metro de distância do foco, e foram feitas as exposições, primeiramente para os seis valores de kVp mantendo o mAs fixo. Para cada valor de kVp foram realizadas quatro medidas consecutivas, sendo considerada a média das quatro leituras. Este

procedimento foi repetido para todos os três equipamentos de raios-X (EQ. A, EQ. B e EQ. C).

Utilizando o programa Oringin 8.0, foram plotados os gráficos da dose de radiação absorvida em função do kVp para cada equipamento emissor de radiação, extraíndo-se assim as equações de dose em função do kVp e analisando a influência da energia do feixe sobre a dose de radiação absorvida. Em seguida, foram feitas as comparações entre as variações de dose entre os equipamentos EQ.A, EQ.B e EQ.C.

Antes de se iniciar as medidas da dose de radiação absorvida, foram realizados os testes de controle de qualidade dos três equipamentos de raios X estudados, conforme preconiza a legislação específica, verificando assim as condições de funcionamento destes equipamentos, o equipamento de raios X só poderia ser utilizado nesta pesquisa caso todos os parâmetros radiométricos avaliados estivessem dentro da conformidade preconizada pela Portaria nº 453/98.

Os equipamentos utilizados para realização dos testes de controle de qualidade do feixe de radiação foram:

1 - Detector ThinX RAD, fabricado pela Unfors, número de série 30000992, certificado de calibração nº: 30000992 – 100330 de 30/03/2010.

2 - Câmara de Ionização marca RADCAL CORPORATION, modelo 20x6-6; número de série: 30899. Calibração em 04/08/2010 no IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; Certificado de Calibração nº: 0351/2010;

3 - Câmara de Ionização marca RADCAL CORPORATION, modelo 20x6-180, número de série: 31110. Calibração em 04/08/2010 no IPEN; Certificado de calibração nº: 0351/2010.

4- Eletrômetro, marca RADCAL CORPORATION, modelo 2026C RADIATION MONITOR, número de série: 26-0838; calibrado em 04/08/2010 no IPEN; Certificado de Calibração nº: 0351/2010.

5 - Kit de placas de alumínio (ALUMINUM SET), marca VICTOREEN, modelo 07-430.

6 - Dispositivo para teste de alinhamento de feixe CQ-09 fabricado pela M.R.A. Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda.

7 - Dispositivo para teste de colimador CQ-12 fabricado pela M.R.A. Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda.

8 - Dispositivo para medir Ponto Focal CQ-06 fabricado pela M.R.A.

9 - Dispositivo para avaliar o contato entre o ecran-filme CQ-10 fabricado pela M.R.A.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 mostra os valores de dose de radiação absorvida obtidos para os equipamentos A, B e C, para a situação em

que se variou valores de kVp e manteve o mAs fixo. Na tabela, também é mostrado uma média de dose de radiação para os três equipamentos.

Tabela 2 - Variação de dose em função do kVp.

kVp	mAs	Dose (mGy)	Dose (mGy)	Dose (mGy)	Média (mGy)
58,5	63,0	1,92	2,18	2,43	2,18
60,0	63,0	2,07	2,32	2,61	2,33
70,0	63,0	2,85	3,22	3,59	3,22
81,0	63,0	3,81	4,28	4,81	4,30
90,0	63,0	4,67	5,29	5,89	5,28
102,0	63,0	5,88	6,41	7,17	6,49

Na Tabela 2, pode-se verificar que o equipamento de raios X A fornece menores valores de dose de radiação absorvida quando comparado com os outros dois equipamentos.

A Tabela 3 mostra a variação de dose de radiação absorvida em função do kVp para os três equipamentos de raios X estudados, realçando a diferença relativa entre eles: dose de radiação medida com o equipamento B menos a dose de radiação com o equipamento A (B-A); dose com o equipamento C menos a dose com o equipamento A (C-A) e dose com o equipamento C menos a dose com o equipamento B (C-B).

Tabela 3 - Diferença da dose (mGy) entre os equipamentos.

kVp	equipamentos	equipamentos	equipamentos
-----	--------------	--------------	--------------

	B-A- mGy	C-A- mGy	C-B- mGy
58,5	0,26	0,51	0,25
60,0	0,25	0,54	0,29
70,0	0,37	0,74	0,37
81,0	0,47	1,00	0,53
90,0	0,62	1,22	0,60
102,0	0,53	1,29	0,76

$$Y = -0,008 + 0,00147X + 5,56E-04X^2$$

Equipamento B:

$$Y = -0,01699 + 0,00511X + 5,80E-04X^2$$

Equipamento C:

$$Y = -0,01888 + 0,00585X + 6,47E-04X^2$$

A menor variação em função do kVp entre as diferenças das doses medidas entre dois equipamentos de raios X se dá na comparação das medidas com o equipamento A e o equipamentos B (B-A), variando de 0,26 mGy a 0,53 mGy. Analisando a Tabela 3 vê-se que a diferença da dose medida comparando os três equipamentos varia de 0,25 mGy a 1,29 mGy. Quanto maior o valor de kVp, maior a diferença da dose entre equipamentos de raios X.

A Figura 1 ilustra a variação de dose em função do kVp para os três equipamentos estudados. Com o uso de uma ferramenta do programa Oringin 8.0 é possível extrair uma equação polinomial para cada função da forma:

$$Y = A + B1*X + B2*X^2 \quad (1)$$

Onde Y representa a dose e X o kVp, assim obtemos as três equações polinomiais para os equipamentos A, B e C.

Equipamento A:

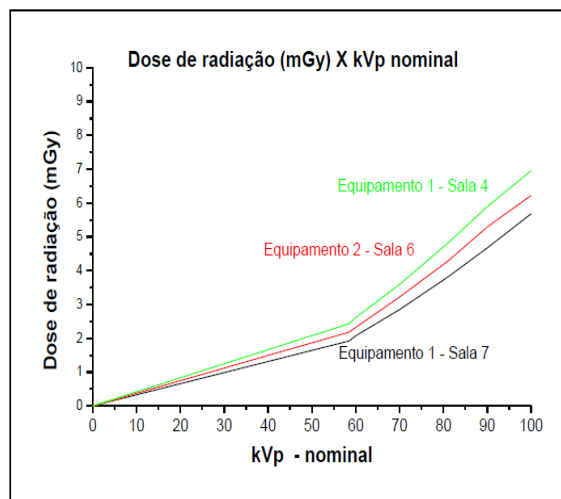


Figura 1- Gráfico da dose em função do kVp

Através da equação obtida da dose em função do kVp, é possível achar o valor da dose correspondente para qualquer kVp nominal.

Pode-se sugerir aos serviços de radiodiagnóstico que utilizem de tais ferramentas matemáticas para o estudo dos parâmetros radiométricos dos feixes de radiação ionizante empregados, e com isso, contribuir para se obter técnicas radiográficas mais adequadas à região a ser investigada.

Neste trabalho, para os equipamentos estudados, a variação entre o

maior e menor valor de dose foi de 0,74 mGy, para um mesmo valor de mAs e seis diferentes valores de kVp, as maiores variações ocorrem para maiores valores de kVp.

O equipamento A forneceu as menores doses, enquanto o equipamento C produz as maiores doses.

Dessa forma, poderíamos conciliar dois fatores de vital importância com respeito ao uso da radiação ionizante em diagnóstico, otimizar e padronizar a os procedimentos radiográficos, visando a liberação da menor dose sem com isso alterar a qualidade da imagem.

Pode-se sugerir aos serviços de radiodiagnóstico que utilizem de tais ferramentas matemáticas providas pelo conhecimento físico para o estudo do emprego da radiação ionizante.

4. CONCLUSÃO

Uma mesma técnica radiográfica, aplicada em diferentes equipamentos de raios X, pode produzir diferentes valores de dose de radiação absorvida, mesmo sendo utilizados equipamentos de mesma marca e modelo pertencentes a um mesmo serviço de radiologia.

Os resultados indicam que o paciente que é submetido a exames radiográficos no equipamento de raios X A está sujeito a uma

dose de radiação menor que a produzida nos outros dois equipamentos.

Através das expressões matemáticas obtidas para a dose de radiação em função do kVp, é possível obter a dose de radiação correspondente para um dado kVp nominal. Para um determinado valor de dose, como o verificado pelo estudo do equipamento A no qual a dose de radiação obtida foi a mais baixa, pode-se obter quais os valores de kVp correspondentes.

Apesar do investimento em equipamentos de radiologia mais modernos e tecnologicamente mais sofisticados, deve-se salientar a importância da implantação sistemática de um Programa de Garantia e Controle da Qualidade, que envolva o treinamento periódico e adequado dos profissionais das técnicas radiológicas, e que proporcionará maior credibilidade ao serviço prestado pelo setor de radiodiagnóstico.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos profissionais do Setor de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu pelo apoio e colaboração durante as medidas realizadas.

REFERÊNCIAS

Armstrong JD II, Sorenson JA, Nelson JA, *et al.* Clinical evaluation of unsharp masking and slit scanning techniques in chest radiography. **Radiology**, 147:351-6, 1983.

Bacelar A, Oliveira SS, Streck EE, Borges V, Furtado APA, Pinto ALA. Preliminary evaluation of operational parameters in fixed X-ray diagnostic equipments. **Radiol. Bras.** 31(3):129-33, 1998.

Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. **Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico.** Portaria nº 453/98. Brasília 1998.

Kotsubo MTK, Marchiori E, Azevedo ACP, Chest radiographs dosimetry study using high kilovoltage techniques. **Radiology Brasil**, 36(3):163-167, 2003.

Commission of the European Communities. Quality criteria for diagnostic radiographic images. **Working Document CEC** nº. XII/173/90. 2ª ed. June 1990.

Comparison between radiological techniques and doses used in Brazil and in Australia. **Radiol. Bras.**, 38(5):343-6, 2005.

Council Directive 97/43/Euratom of 30 June 1997 on Health Protection of Individuals Against the Dangers of Ionizing Radiation in Relation to Medical Exposure. Official **Journal of the European Communities**, n., p. 180, 1997.

Dzelve L, Secaf V, Dobermann F. Norma Technical Standards: a tool for guarantying quality in medical imaging services. **Radiol. Bras.** 33: 359-62, 2000.

Fernandes, M.A.R.; Nagamatsu, R.Y., Castelli, N.C., Nascimento M.V. **Análise quantitativa da implantação de programa de garantia da qualidade em equipamentos de raios-x instalados na**

região de Araçatuba-SP. UNIVERSITAS-Revista do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium- Araçatuba- SP., v.1, p.135-150, 2011.

International Commission on Radiological Protection. **Recommendations of the international Commission on Radiological Protection.** ICRP Publication 60. Oxford: Pergamon Press, 1991.

Macmahon H, Vyborny CJ. Technical advances in chest radiography. **AJR**, 163:1049-59, 1994.

Medeiros RB, Alves FFR. Analysis of results of quality control program on radiological equipment. **Rev. Imagem**, 17:97-8, 1995.

Mayo JR, Whittall KP, Leung AN, *et al.* Simulated dose reduction in conventional chest CT: validation study. **Radiology**, 202:453-7, 1997.

National Radiological Protection Board. Guidelines on patient dose to promote the optimization of protection for diagnostic medical exposures. **Documents of the NRPB**, 10(1), 1990.

National Radiological Protection Board. Patient dose reduction in diagnostic radiology. **Documents of the NRPB**, 1(3). London, UK: HMSO, 1990.

NRPB IPSM COR. **National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology.** Chilton, UK: NRPB, 1992.