

Calibração de filme radiocrômico para dosimetria em varreduras de TC de cabeça

| **Alvaro Mauricio Gómez**

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

| **Arnaldo Mourão**

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Artigo original publicado em: 2018

Quarta Semana de Engenharia Nuclear e Ciências das Radiações - SENCIR

Oferecimento de obra científica e/ou literária com autorização do(s) autor(es) conforme Art. 5, inc. I da Lei de Direitos Autorais - Lei 9610/98

RESUMO

O filme radiocrômico vem se convertendo em uma ferramenta importante para dosimetria em estudos de diagnóstico e em terapia que utilizam radiações ionizantes. Devido às suas características físicas, permite obter perfis de dose absorvida em diferentes locais no interior de objetos simuladores. Neste trabalho foram levantadas as curvas de calibração para o filme Gafchromic CR-AQ2 para a região de doses típicas encontradas em varreduras de tomografia computadorizada (TC) de cabeça. Os experimentos foram realizados em um tomógrafo da marca Toshiba, modelo Asteion que permite realizar varreduras em modo axial e helicoidal, sendo programado para rotina de crânio com tensão de alimentação do tubo de raios X de 80, 100 e 120 kV. Para os testes foi utilizado um objeto simulador cilíndrico de cabeça fabricado em PMMA com cinco aberturas, uma central e quatro periféricas defasadas de 90° e identificadas como 3, 6, 9 e 12, como as horas de um relógio analógico. O objeto simulador foi posicionado no isocentro do gantry e as aberturas periféricas utilizadas para o alinhamento. Uma câmara de ionização tipo lápis foi utilizada para o registro de valores de Kerma no ar no PMMA nas posições “central” e “12” do objeto simulador com a irradiação da fatia central do objeto. Tiras de filme radiocrômico foram utilizadas para o registro dos perfis de dose depositada nas posições “central” e “12” para varreduras de 10 cm de comprimento para cada valor de tensão de alimentação. As tiras foram digitalizadas e suas imagens foram processadas para a obtenção das curvas de calibração em cada uma das regiões objeto de estudo. As curvas de calibração são uma ferramenta importante nos estudos de dosimetria para otimizar protocolos de aquisição de imagens de cabeça, pois as varreduras de cabeça são as que geram os maiores valores de dose absorvida pelo paciente.

Palavras-chave: Dosimetria, Filme Radiocrômico, Tomografia Computadorizada.

■ INTRODUÇÃO

A demanda por imagens de diagnóstico obtidas pelo método de Tomografia Computadorizada (TC), em função de sua versatilidade, vêm aumentando nos serviços de radiologia. Este tipo de método permite criar imagens de alto contraste e diferentes cortes anatômicos de tecidos do corpo humano gerando informações que não são possíveis através das radiografias [1].

O desenvolvimento deste tipo de tecnologia tem melhorado de forma considerável, com menores tempos de aquisição e melhor qualidade das imagens que podem ser uma ferramenta de grande utilidade no diagnóstico e tratamento oportuno de diferentes doenças. No entanto, os exames por TC são responsáveis pela maior deposição de dose em pacientes quando comparado com outras técnicas e especificamente em explorações de cabeça [2].

Recentes gerações de tomógrafos computadorizados possuem diversas aplicações que permitem depositar níveis de dose de radiação menores segundo o tipo de exploração que se deseja realizar. Conseguindo manipular os valores de tensão de alimentação do tubo de raios X, corrente de alimentação, tempo de rotação e controle automático de exposição [1].

Os estudos de dosimetria apresentam resultados relevantes da quantidade de energia que está sendo depositada no paciente e especificamente em tecidos com sensibilidade à radiação. Os filmes radiocrômicos foram desenvolvidos para registrar as interações de radiação ionizante quando forem expostos e assim, obter mapas ou perfis de dose. Estes filmes apresentam respostas proporcionais de escurecimento em relação ao kerma no ar [3, 4].

Este tipo de filme possui uma dependência energética à exposição, então para diferentes níveis de energia, é necessário fazer diferentes calibrações do filme. O objetivo deste trabalho é encontrar as curvas de calibração do filme radiocrômico para diferentes valores de tensão de alimentação do tubo de raios X em equipamento de Tomografia computadorizada para rotinas de crânio [3, 6].

■ METODOLOGIA

Foram utilizados para medida de dose de radiação filmes radiocrômicos modelo GAFCHROMIC XR-QA2 que tem compatibilidade para serem utilizados em diferentes tipos de objetos simuladores. Este tipo de dosímetros possui sensibilidade à radiação na faixa de 0,1 até 20 cGy para feixes de raios X [3].

Foi utilizada uma câmara de ionização tipo lápis modelo RADCAL ACCU-GOLD 10X6-3, planejada para medir índices de dose longitudinal em feixes de raios X para Tomografia Computadorizada. A câmara de ionização pode registrar valores de kerma no ar na faixa dos 200 nGy e 1 kGy com uma incerteza de 4% [5].

Para realizar as medidas de kerma no ar foi utilizado um objeto simulador de cabeça, feito em PMMA, em formato cilíndrico de 16 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento com 5 aberturas, quatro delas periféricas defasadas 90º entre elas e uma abertura central.

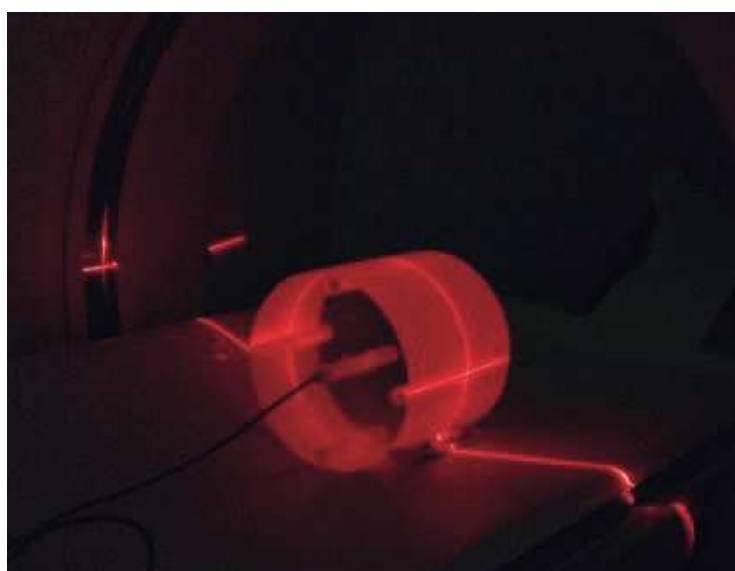
COLETA DE DADOS

Com o objeto simulador posicionado no isocentro do gantry e as aberturas alinhadas com os lasers de posicionamento do equipamento, foram inseridas tiras de filme radiocrômico com dimensões de 0,5 x 0,2 cm² em tarugos de PMMA nas aberturas central e 12 analogamente a um relógio analógico. As outras aberturas foram preenchidas com tarugos sólidos de PMMA.

Foram realizadas varreduras em Tomógrafo da casa Toshiba modelo Asteion 4 de 4 canais, o equipamento permite fazer explorações em modo helicoidal. O aparelho de TC foi programado para realizar varreduras de 10 cm de longitude na região central do objeto simulador com tensões de alimentação do tubo de raios X de 80, 100 e 120 kV.

Foram realizadas leituras de Kerma no ar no PMMA com câmara de ionização nas mesmas posições que foram feitas as varreduras com filme radiocrômico e os mesmos valores de tensão. O aparelho foi programado para realizar irradiações em modo axial da fatia central do objeto simulador. Na fig. 1. apresenta o objeto simulador posicionado no isocentro do gantry com a câmara de ionização localizada na abertura central.

Fig. 1. Objeto simulador de cabeça de PMMA no isocentro do gantry com câmara de ionização posicionada na abertura central.



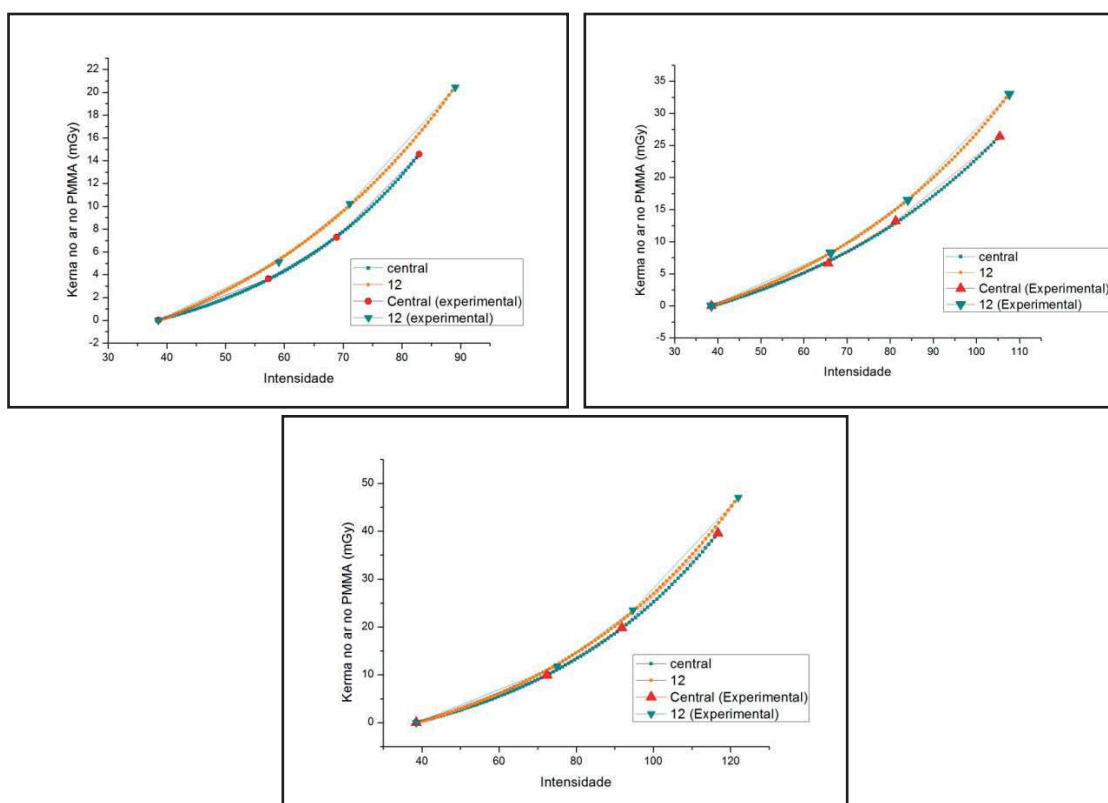
Completadas, aproximadamente, 24 horas após a irradiação, os filmes foram digitalizados obtendo imagens com resolução de 300 ppi. As imagens foram processadas com o software *imgeJ* realizando separação dos canais de cores RGB sendo escolhido o canal vermelho (*Red*) por apresentar melhor resposta à variação de intensidade de cor. Mediante

o software se obteve a matriz inversa de intensidade no canal vermelho e assim os valores de intensidade em escala de cinza. Foram obtidos os valores de intensidade em escala de cinza de filmes não expostos aos raios X, sendo eles tratados como valores de Background (BG). Os valores de intensidade do BG foram considerados como zero miligrays.

■ RESULTADOS

As curvas de calibração que relacionam os valores de intensidade de escurecimento dos filmes com os valores de Kerma no ar no PMMA para cada abertura no objeto simulador utilizando valores de tensão de alimentação do tubo de raios X se apresentam na fig. 2.

Fig. 2. Curvas de calibração de filme radiocrômico em objeto simulador de cabeça para 80, 100 e 120 kV.



A diferença entre as curvas para cada valor de tensão permite observar a variação do Kerma no ar no PMMA em relação à profundidade que penetrou o feixe de raios X. Para o feixe gerado com tensão de 80 kV, se obtiveram menores valores de intensidade de escurecimento dos filmes, devido ao menor poder de penetração quanto comparado com os outros feixes utilizados, as curvas apresentam respostas relativamente similares.

As curvas que apresentam melhor resposta de intensidade com os valores de Kerma no ar no PMMA foram as obtidas mediante tensão de alimentação de 120 kV. Os valores de escurecimento para as posições Central e 12 tiveram uma proximidade relativa considerável.

A partir dos pontos obtidos experimentalmente foram encontrados modelos matemáticos que permitem descrever o comportamento dos filmes radiocrômicos ao ser expostos

à radiação. Na tab.1 as equações para as curvas de calibração obtidas para cada valor de tensão e posição.

Tab.1. Equações de calibração obtidas a partir dos dados experimentais.

Tensão (kV)	Posição	Equações
80	Central	$y = 0,932 * e^{x/27,89} - 3,692$
	12	$y = 2,926 * e^{x/39,22} - 7,877$
100	Central	$y = 5,106 * e^{x/53,18} - 10,6$
	12	$y = 5,242 * e^{x/50,45} - 11,24$
120	Central	$y = 4,451 * e^{x/48,46} - 9,88$
	12	$y = 6,081 * e^{x/53,91} - 12,63$

As equações correlacionam os valores de intensidade de escurecimento dos filmes quando expostos à radiação (parâmetro x) com os valores de Kerma no ar no PMMA medidos em mGy (parâmetro y).

Nas tab. 2, 3 e 4 são comparados os valores de Kerma no ar no PMMA medidos com câmara de ionização e os valores calculados mediante as curvas de calibração para cada posição e valores de tensão.

Tab. 2. Comparação de valores medidos e calculados de Kerma no ar no PMMA para 80 kV.

Posição Central			Posição 12		
Medido	Calculado	Erro	Medido	Calculado	Erro
0,00	0,02	0,02	0,00	-0,06	-0,06
3,64	3,58	-0,06	5,11	5,31	0,19
7,28	7,33	0,05	10,22	10,06	-0,17
14,56	14,55	-0,01	20,45	20,48	0,03

Tab. 3. Comparação de valores medidos e calculados de Kerma no ar no PMMA para 100 kV.

Posição Central			Posição 12		
Medido	Calculado	Erro	Medido	Calculado	Erro
0,00	-0,06	-0,06	0,00	0,01	0,01
6,60	6,96	0,36	8,25	8,23	-0,02
13,19	12,95	-0,24	16,50	16,52	0,02
26,39	26,48	0,09	32,99	32,99	0,00

Tab. 4. Comparação de valores medidos e calculados de Kerma no ar no PMMA para 120 kV.

Posição Central			Posição 12		
Medido	Calculado	Erro	Medido	Calculado	Erro
0,00	-0,02	-0,02	0,00	-0,11	-0,11
9,90	9,97	0,07	11,77	12,17	0,40
19,80	19,75	-0,05	23,53	23,19	-0,34
39,59	39,62	0,02	47,06	47,13	0,07

■ CONCLUSÃO

As curvas de calibração demonstram a dependência energética que possuem os filmes radiocrômicos de acordo com os três níveis de tensão utilizados. A obtenção das equações de calibração a partir das curvas experimentais é um método simplificado para obter valores de Kerma no ar no PMMA e assim obter perfis de dose em TC.

As equações de calibração obtidas têm uma aplicabilidade direta nos processos de otimização de protocolos em exames de TC como dosímetros na obtenção de índices de dose depositada em diferentes locais de interesse no interior de objetos simuladores. Quando comparados os valores medidos e calculados de kerma no ar no PMMA, a margem de erro foi satisfatória, demonstrando assim a confiabilidade dos experimentos e na reprodutibilidade dos mesmos.

Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem a FAPEMIG e CAPES pelo suporte para o desenvolvimento de este estudo, de igual forma agradecem à Clínica Angus Dei, instituição com que se tem parceria e quem permitiu o desenvolvimento dos experimentos.

■ REFERÊNCIAS

1. A.P Mourão and F.A Oliveira, "*FUNDAMENTOS DE RADIOLOGIA E IMAGEM*". São Paulo: Difusão Editora. First edition, 2009.
2. R. D. Dance et al., "*DIAGNOSTIC RADIOLOGY PHYSICS*". IAEA. Vienna 2014.
3. G. Tawfik et al., "*Characteristics of gafchromic XRQA2 films for kv image dose measurement*". *Medical Physics*, v. 39, n. 2, 2012.
4. K.C. Costa KC, A.M.L. Gomez, T.C, A.P. Mourão, "*Radiochromic film calibration for the RQT9 quality beam*". 2nd International Conference on Dosimetry and its Applications, 2016, Guildford. ICDA-2 p. 104-105
5. RADCAL, C. ACCU-GOLD User Guide. [S.I.], 2015.
6. M.J. Williams, P.E. Metcalfe, "*Radiochromic film dosimetry and its applications in radiotherapy*". 4th SSD Summer School: concepts and Trends in Medical Radiation Dosimetry (75-99). AIP, Wollongong. 2011