

## **SENSITÔMETRO DE RAIOS X PARA AVALIAÇÃO DE COMBINAÇÕES TELA-FILME UTILIZADAS EM RADIOLOGIA MÉDICA<sup>1</sup>**

*X-RAY SENSITOMETER FOR EVALUATING SCREEN-FILM COMBINATIONS USED IN MEDICAL RADIOLOGY*

**Oneisa M. Brasil Dalla Porta<sup>2</sup>**

**Thiago Krauspenhar<sup>2</sup>**

**Evamberto Garcia de Góes<sup>3</sup>**

**Nelson Mendes Alves<sup>4</sup>**

### **RESUMO**

Um sensitômetro de raios X é utilizado para gerar a curva característica de filmes radiográficos em combinação com a tela intensificadora fluorescente. A série de exposições relativas, necessárias para produzir um intervalo útil de densidades ópticas no filme pode ser obtida pelos métodos sensitométricos de tempo escalonado ou intensidade escalonada. Neste trabalho, desenvolveu-se um método conveniente para a exposição de sistemas tela-filme utilizando-se a sensitometria de intensidade escalonada. Neste método, durante a exposição, o tempo, a quilovoltagem de pico (kvp) e a corrente no tubo de raios X permanecem constante e a intensidade do feixe de raios X é modulada através da variação da distância entre o filme e a fonte de raios X. Um banco óptico foi construído para permitir a exposição do sistema tela-filme em várias distâncias da fonte. Um sistema de blindagem foi construído para permitir que uma única região do filme fosse exposta a cada variação da distância fonte-filme. A condição de exposição normalmente utilizada são 70 kVp e 2,5 mm de filtro de alumínio. A latitude de exposição fornece uma curva característica completa dos sistemas tela-filme.

**Palavras-chave:** sensitometria, intensidade escalonada, controle de qualidade de sistemas tela-filme.

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

<sup>2</sup> Acadêmicos do Curso de Física, Bacharelado com Ênfase em Física Médica - UNIFRA.

<sup>3</sup> Orientador - UNIFRA.

<sup>4</sup> Colaborador - UNIFRA.

## ABSTRACT

An X-ray sensitometer is used to measure the characteristic curve of radiographic films exposed with fluorescent intensifying screens. The series of relative exposures, necessary to cover the full density range of the film, can be obtained by either time-scale or intensity-scale sensitometric methods. We have developed a convenient method of exposing screen-film combinations for intensity-scale sensitometry. In this method, during exposure the x-ray kVp and mAs remain constant and a geometric series of exposures of the film is modulated by varying the x-ray intensity. The conditions normally used are 70 kVp x-rays and 2,5mm Al filtration at the tube. This exposure latitude gives a complete characteristic curve of screen-film combination.

**Keywords:** sensitometry, intensity-scale, quality control of screen-film combination.

## INTRODUÇÃO

A resposta sensitométrica dos materiais fotográficos aos raios X é uma das medidas mais importantes em radiologia porque ela determina ambas, a dose de radiação no paciente e a qualidade da imagem. Na medicina, de forma geral, o filme é empregado em combinação com a tela intensificadora fluorescente. Assim, as características sensitométricas dessa combinação têm um significado muito importante. Isso não exclui a determinação das características dos filmes de raios X independentemente das telas. Para isso, por exemplo, utiliza-se um sensitômetro luminoso com uma fonte de luz cuja composição espectral coincide com o espectro produzido pela irradiação das telas. Entretanto, a difusão nos anos 70 de telas intensificadoras com vários espectros de luminescência fez voltar a sensitometria de raios X anteriormente desenvolvida, isto é, a determinação direta da sensibilidade e outras características da tela combinada com o filme sob a ação direta da irradiação dos raios X.

O método mais conveniente para apresentar a resposta do filme aos raios X ou à luz é através da curva característica (EASTMAN KODAK, 1963). Essa curva é, às vezes, referida como curva H&D, a qual é uma representação gráfica da densidade óptica obtida no filme como uma função do logaritmo da exposição relativa. As séries de exposições relativas necessárias para gerar um intervalo útil de densidade óptica no sistema tela-filme, podem ser obtidas pelo método sensitométrico de intensidade escalonada ou tempo escalonado. Na sensitometria de tempo escalonado, o tempo de exposição

varia e a intensidade do feixe de raios X permanece constante. O método de tempo escalonado utiliza uma placa seletora de chumbo que gira diante do sistema tela-filme, por meio de um motor sincronizado (MASLOV *et al.*, 1988, EASTMAN KODAK, 1963). Na sensitometria de intensidade escalonada, o tempo de exposição é mantido constante e a intensidade do feixe de raios X é variada. Isso pode ser conseguido variando-se a distância entre o filme e a fonte de raios X. A intensidade relativa da radiação que chega no filme em cada posição pode ser determinada pela lei do inverso do quadrado da distância (sensitometria do quadrado da distância). Esses dois métodos utilizados para modular a exposição no filme produzem resultados idênticos para exposição direta do filme. Nessa condição de exposição, a lei da reciprocidade é aplicada. Entretanto, quando o filme é exposto em combinação com a tela intensificadora essa lei não é obedecida, produzindo assim, resultados diferentes entre os dois métodos (EASTMAN KODAK, 1963). Em uma exposição radiográfica típica, o tempo de exposição é mantido constante e a intensidade da radiação que chega no filme é modulada pela absorção diferenciada dos raios X por diferentes órgãos e tecidos do paciente. Assim, a sensitometria de intensidade escalonada simula melhor uma exposição clínica.

Diversos sensitômetros de raios X foram construídos utilizando-se o método da intensidade escalonada (HAUS & ROSSMANN, 1970; HALE & BLOCH 1978; BENCOMO & HAUS, 1979; GORSKI & PLEWES, 1979; YESTER *et al.*, 1980; BEDNAREK & RUDIN *et al.*, 1980; WAGNER *et al.*, 1980; YOSHIDA *et al.*, 1986). A sensitometria do quadrado da distância é considerada um método de intensidade escalonada padrão (WAGNER *et al.*, 1980).

Com o objetivo de realizar-se o controle de qualidade de sistemas tela-filme, no Laboratório de Controle de Qualidade em Imagens Médica, do Centro Universitário Franciscano, construiu-se um sensitômetro de raios X de intensidade escalonada com base no método da lei do inverso do quadrado da distância. O sensitômetro proposto permite obter uma curva característica com uma latitude em exposição capaz de produzir um intervalo útil de densidade óptica no filme quando utilizado em combinação com a tela intensificadora.

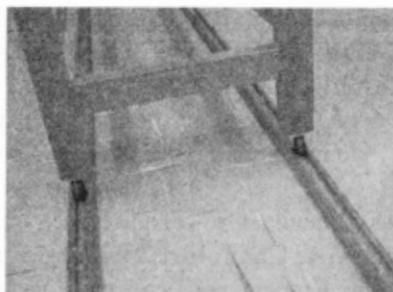
## MATERIAL E MÉTODOS

O sensitômetro de raios X proposto consiste de um banco óptico de 2,5 m de comprimento, 0,4 m de largura e 0,9 m de altura (Figura 1). Na parte superior foi construído um sistema de encaixe para permitir o deslocamento da blindagem, que contém a combinação tela-filme, ao longo

do banco (Figura 1). O banco óptico foi montado sobre dois trilhos de 4,7 m de comprimento, fixados no piso, para permitir o deslocamento do sistema banco-filme ao longo do feixe de raios X (Figuras 1 e 2).



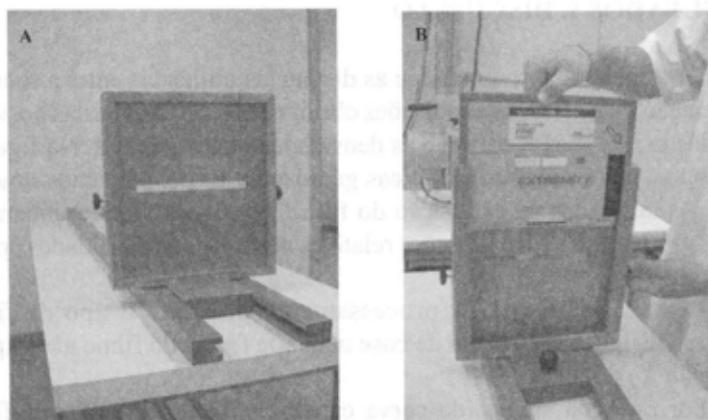
**Figura 1.** Sensitômetro de raios X de intensidade escalonada.



**Figura 2.** Sistema de 2 trilhos fixados no piso para permitir o deslocamento do banco óptico ao longo do feixe de raios X.

Para que somente uma região do filme seja sensibilizada pelos raios X em cada exposição, o filme é protegido por uma blindagem de chumbo de 1,5 mm de espessura (Figura 3A). Na parte anterior da blindagem, foi construída uma janela de 15 cm de comprimento por 3 cm de largura para permitir a exposição do filme. A combinação tela/filme é acoplada ao sistema de blindagem (Figura 3B) e, cada vez que o filme é exposto, ele é deslocado, verticalmente, ao longo da blindagem com o objetivo de expor uma nova região do filme e proteger aquela região já exposta aos raios X.

Assim, obtém-se uma série de densidades ópticas no filme, cada uma delas relacionada a um valor diferente de exposição, de acordo com a seleção da distância entre o filme e a fonte (Tabela 1).



**Figura 3.** A) sistema de blindagem da combinação tela-filme; B) posicionamento da combinação tela-filme junto a blindagem.

O sensitômetro utiliza um gerador trifásico e um tubo de raios X com anodo giratório com alvo de 170 de inclinação (Fabricante: Intecal). O tubo de raios X é configurado na posição horizontal para permitir um alinhamento do feixe de radiação com a janela da blindagem de chumbo posicionada na direção vertical no banco óptico (Figura 1).

Para testar o desempenho do sensitômetro, utilizou-se a tela Lanex Fine (Fabricante: Eastman Kodak), em combinação com um filme sensível à luz verde (Fabricante: IBF). O sistema banco óptico-filme foi posicionado em diversas distâncias da fonte de raios X e as exposições relativas, no filme, foram calibradas, utilizando-se uma câmara de ionização (Fabricante: Radical Corporation). As distâncias fonte-filme foram selecionadas de maneira a obter-se uma variação de exposição, no filme, de acordo com uma série geométrica de razão 1,45 (Tabela 1). As exposições no filme foram realizadas utilizando-se 70 kVp com 2,5 mm de Al de filtração inerente, 10 mA de corrente no tubo e 0,16 s de tempo de exposição. O filme foi processado, automaticamente, na temperatura de 37 °C utilizando-se substâncias químicas produzidas pelo mesmo fabricante do filme. As densidades ópticas, no filme, foram determinadas a partir do uso de um densitômetro calibrado (Indústria: MRA)

O gradiente médio da curva característica e a latitude das exposições foram calculadas de acordo com a equação sugerida pela Eastman Kodak (EASTMAN KODAK, 1963)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

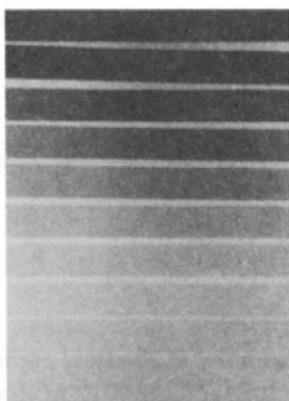
Na tabela 1, apresentam-se as distâncias utilizadas entre a fonte e a combinação tela/filme, as exposições obtidas em cada uma destas posições, o log das exposições relativas e as densidades óticas geradas. Na figura 4, apresentam-se as densidades óticas geradas no filme, para cada uma das distâncias utilizadas na exposição do filme. Na figura 5, apresentam-se a relação gráfica entre as exposições relativas no filme e as densidades óticas produzidas.

Para as condições de processamento utilizado e tipo de filme, observou-se um valor médio de base mais fog (parte do filme não exposta à radiação X) de 0,29.

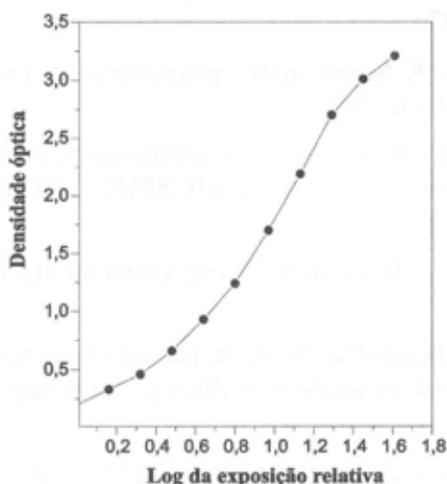
Por meio da análise da curva característica do sistema tela-filme, utilizado para validar o sensitômetro de raios X proposto, observou-se um valor de gradiente médio de 2,1 e latitude de 0,84 mR.

**Tabela 1.** Distâncias entre o filme e a fonte, exposições relativas, log das exposições relativas e densidades óticas geradas no filme. As incertezas representam o desvio padrão de 3 medições.

Distância fonte-filme (m)	Exposição relativa	Log da exposição Relativa	Densidade óptica
0,57	1,00	0,00	3,58±0,02
0,69	1,45	0,16	3,29±0,01
0,83	2,10	0,32	2,84±0,03
1,00	3,04	0,48	2,52±0,01
1,20	4,41	0,64	1,79±0,02
1,45	6,39	0,80	1,52±0,03
1,74	9,26	0,97	0,98±0,01
2,10	13,43	1,13	0,60±0,02
2,53	19,47	1,29	0,53±0,01
3,05	28,23	1,45	0,42±0,03
4,42	40,93	1,61	0,33±0,02



**Figura 4.** Densidades ópticas geradas no filme pelo sensitômetro de raios X de intensidade escalonada. Cada faixa de densidade óptica foi gerada de acordo com os valores de exposição apresentados na tabela 1.



**Figura 5.** Curva característica gerada pelo sensitômetro de raios X de intensidade escalonada, conforme dados apresentados na tabela 1.

O sensitômetro de raios X de intensidade escalonada proposto neste trabalho permite obter uma curva característica completa dos sistemas tela-filme utilizados em radiodiagnóstico. O intervalo das distâncias, entre a fonte de raios X e a combinação tela-filme, permite gerar uma latitude de exposição necessária para produzir um intervalo útil de densidades ópticas no filme. Ao contrário dos outros sensitômetros propostos, que

utilizam sistemas automatizados para gerar as densidades ópticas no filme, este sistema é simples e de baixo custo. A reprodutibilidade das medidas sensitométricas depende apenas da exatidão na determinação das distâncias em que a combinação tela-filme é posicionada ao longo do banco óptico. O sensitômetro proposto também pode ser utilizado como um instrumento didático envolvendo o ensino da Física Médica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDNAREK, D. R.; RUDIN, S. **Comparison of modified bootstrap and conventional sensitometry in medical radiography Application of Optical Instrumentation in Medicine VIII**, SPIE vol 233(BELLINGHAM, WA:SPIE) pp 2-6, 1980.

BENCOMO, J. A.; HAUS, A. G. Comparison of intensity and time scale sensitometric methods for evaluating screen-film systems Application of Optical Instrumentation in Medicine VII, **SPIE**, v. 173 (Bellingham, WA: SPIE), p. 21-7, 1979.

EASTMAN KODAK **Sensitometric properties of X-ray films**(Rochester, NY: Eastman Kodak), 1963.

GORSKI, W. J. PLEWES, D. B. New sensitometric method application of optical instrumentation in Medicine VII, **SPIE**, v. 173 (Bellingham, WA: SPIE), p. 28-32, 1979.

HALE, A. G.; BLOCH, P. **Step- Wedge sensitometry radiology**. v. 128 p. 820-1, 1978.

HAUS, A. G. ; ROSSMANN, K. **X-ray sensitometer for screen-film combinations used in medical radiology Radiology**. v. 94 p. 673-8, 1970.

MASLOV, L. K. *et al.*, Comparison of different methods of roentgen sensitometry Moskva, **Med. Tek.** v. 5, p. 36-41, 1988.

WAGNER, L. K. *et al.* An examination of errors in characteristic curve measurements of radiographic screen-film systems, **Med. Phys.** v. 10 p. 365-9, 1983.

WAGNER L. K. *et al.* Comparison of methods used to measure the characteristic curve of radiographic screen-film systems Application of Optical Instrumentation in Medicine VIII, **SPIE**, v. 233 (Bellingham, WA: SPIE), p. 7-10, 1980.

YESTER, M. V. ; BARNES, G. T. ; KING, M. K. 1980 **Kilovoltage bootstrap sensitometry** *Radiology*. v. 136, p. 785-6, 1989.

YOSHIDO, A. *et al.* Modified inverse square sensitometry for the determination of the characteristic curve of radiographic screen-film system. *Acta Med. Okavama*. v. 40, p. 33-8, 1986.

