

BIC 7331330

13

AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE SISTEMAS MAMOGRAFICOS: IDENTIFICAÇÃO DA REGIÃO ÓTIMA PELO MÉTODO DAS FUNÇÕES DE TRANSFERÊNCIA

Homero Schiabel e Annie France Frère

Escola de Engenharia de São Carlos - USP
Departamento de Engenharia Elétrica

RESUMO

Discutimos neste trabalho a avaliação do comportamento de sistemas mamográficos utilizando o método convencional de análise pelas funções de transferência. Para tanto, é feita uma investigação para avaliar o comportamento das FTM's em diversas orientações da fenda no campo de radiação.

Identificamos, então, regiões no campo em que deverão ser obtidas imagens mais nítidas, o que é mostrado por um conjunto de FTM's mais largas e de maior valor de primeiro mínimo de frequência espacial, para cada sistema investigado. A essas regiões adotamos a denominação de Região Ótima.

INTRODUÇÃO

Desde 1969, quando Rossmann discutiu a aplicação das Funções de Transferência para obter a relação entrada/saída de sistemas radiográficos, tem sido possível prever a performance desses sistemas na formação de imagem. Como as imperfeições do sistema real causam perda de resolução da distribuição da imagem em relação à distribuição do objeto, a Função de Transferência de Modulação (FTM) é utilizada para avaliar tais distorções.

Para que a teoria das Funções de Transferência possa ser aplicada, porém, a sistemas radiológicos de imagem, duas condições são necessárias: que o sistema seja (a) linear e (b) invariante. Todavia, é preciso expor que um sistema radiográfico, de modo geral, não satisfaz nenhuma dessas condições, visto que: (1) a relação entre a luminosidade que permite a visualização da imagem e a densidade ótica do filme não é linear; e (2) o formato de um objeto será diferente na imagem dependendo de sua posição no campo de radiação.

Buscando contornar esses problemas, trabalhos prévios [1, 2, 3] propuseram restrições que viabilizaram o emprego das funções de transferência aos sistemas radiográficos. Desse modo, a linearidade é mantida se, em vez de considerarmos a densidade ótica, passarmos a considerar a exposição efetiva de raios-X que atingiu o filme. Da mesma maneira, a condição da invariância espacial pode ser satisfeita se tomarmos pequenas áreas dentro do plano-imagem onde as variações de formato de imagem de um objeto sejam desprezíveis.

Por isso, a partir dessas restrições, os trabalhos que se propuseram a investigar a qualidade de sistemas radiográficos pelas funções de transferência [2, 4, 5] fizeram essa valiação alinhando os dispositivos experimentais perfeitamente no centro do campo. Além disso, a maioria dessas investigações considerava o foco dos sistemas avaliados como perfeitamente redondos, sendo-lhes atribuído geralmente um único valor [2, 4, 6].

Todavia, Doi [7] considerava que poderia ser usado

como uma medida mínima a determinação de duas Funções de Transferência Óticas (FTOs) unidimensionais em duas direções (paralela e perpendicular ao eixo do tubo de raios-X) para avaliar sistemas radiográficos. Isso, porém, passou a ser utilizado sistematicamente nos procedimentos de avaliação desses sistemas.

Consideramos questionável o aspecto discutido acima, fundamentalmente por dois motivos: (1) num sistema isotrópico, isto é, aquele em que a orientação do objeto não é importante, uma vez que a FTM é rotacionalmente simétrica, uma única FTM seria suficiente para descrever o comportamento do sistema; (2) em sistemas não isotrópicos (cujos focos têm dimensões diferentes entre si), é necessário determinar a FTM bidimensional, o que, na prática, significa obter FTM's unidimensionais em todas possíveis orientações no campo; a determinação apenas da FTM paralela e da FTM perpendicular (0 e 90°) em relação ao eixo do tubo, ao nosso ver, só seria válida se a variação das FTM's intermediárias a elas fosse linear.

Como, em investigações prévias que realizamos, verificamos que os focos de diversos sistemas mamográficos testados apresentavam formatos retangulares ou, no melhor dos casos, ovais, consideramos que há sérios riscos nas simplificações verificadas na literatura para aplicação prática do método de avaliação pelas funções de transferência. Por isso, este trabalho propõe um investigação mais extensiva, avaliando a performance de sistemas mamográficos não isotrópicos em diversas orientações do campo a fim de estabelecer uma correspondência mais sólida com os princípios teóricos do método.

METODOLOGIA

O procedimento experimental consistiu em realizar testes de campo junto a mamógrafos, utilizando um dispositivo para obtenção de imagem de fenda no centro do feixe de raios-X e efetuar a digitalização e processamento daquelas imagens em nosso laboratório.

O dispositivo experimental para obtenção das imagens é composto por uma mesa formada por placas de acrílico e alumínio que sustentam uma gaveta de acrílico onde é acondicionado o cassete com filme radiográfico. Essas placas são móveis, possibilitando deslocamento nas direções paralela e perpendicular ao eixo do tubo de raios-X. Sobre a mesa é colocado um suporte formado por duas hastes de alumínio que sustentam o dispositivo de fenda. Sobre essas hastes adaptou-se um anel de alumínio com 36 furos-guias, separados de 10° cada um, que permitem ajustar a fenda de modo a orientá-la em diversos ângulos em relação ao eixo cátodo-anodo. Todos esses dispositivos são dispostos sobre um quadro de barras de alumínio, preso em quatro suportes feitos de alumínio maciço que podem ser ajustados para alinhar o dispositivo paralelamente ao plano do eixo do tubo de raios-X.

Nos testes, utilizando filmes CRONEX MRF33-BLUE da DuPont, foram obtidas imagens de fenda em 10 orientações do campo desde 0 até 90°. As imagens foram, posteriormente, digitalizadas num microdensitômetro Optronics e processadas pelo método convencional [8] para obtenção das FELs e correspondentes FTMs num microcomputador PC.

RESULTADOS

Nas figuras 1 e 2 apresentamos os resultados obtidos após digitalização e processamento das imagens de fenda tomadas junto a dois mamógrafos. A figura 1 corresponde às FTMs para as 10 orientações consideradas, para um mamógrafo MAMMOMAT Siemens e a figura 2, para um MAMMODIAGNOST Philips. Os tamanhos de foco, determinados a partir da medida da largura das imagens de fenda a 0 e a 90° - efetuada num comparador ótico Mitutoyo - foram os seguintes: (a) MAMMOMAT - 0,66 X 2,14 mm; (b) MAMMODIAGNOST - 1,20 X 0,74 mm. Por observação das imagens produzidas pelo método da câmara de orifício, verificamos que o formato de ambos os focos era basicamente retangular.

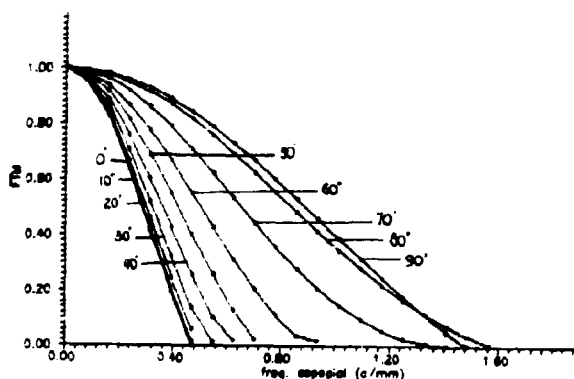


FIGURA 1
FTMs obtidas por digitalização das imagens de fenda

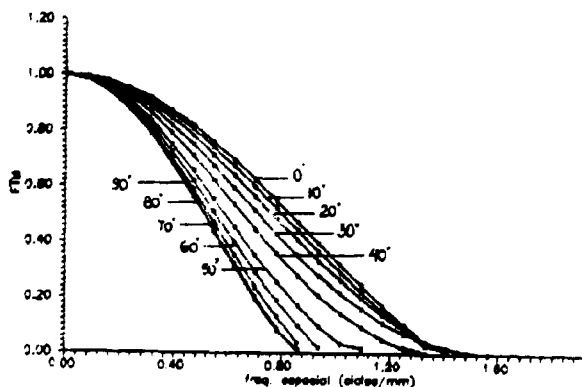


FIGURA 2
FTMs obtidas por digitalização das imagens de fenda

As condições operacionais utilizadas nos testes foram: 40 kVp - 125 mA para o Mammomat e 35 kVp - 2,5 s para o Mammodiagnost. Em ambos os casos foram empregadas distância foco-filme de 60 cm e distância foco-objeto de 30 cm.

Na tabela I são apresentados os valores de primeiro mínimo de frequência espacial das FTMs para cada ângulo de orientação da fenda para cada equipamento, determinados a partir das figuras 1 e 2.

Tabela I. Valores de primeiro mínimo de frequência espacial

Ângulo (graus)	Primeiro mínimo de freq. espacial (ciclos/mm)	
	Mammomat	Mammodiagnost
0	0,47	1,40
10	0,47	1,40
20	0,50	1,48
30	0,55	1,48
40	0,62	1,32
50	0,72	1,10
60	0,94	0,95
70	1,34	0,88
80	1,58	0,86
90	1,48	0,86

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Pelos resultados das figuras 1 e 2 e da tabela I, dois aspectos ressaltam de imediato:

(1) a não linearidade nas variações entre FTMs "adjacentes", visível também pelos valores de primeiro mínimo; por exemplo, enquanto a variação do primeiro mínimo para o Mammomat, entre 40 e 50°, foi de 0,10 c/mm - 16% -, entre 50 e 60°, foi de 0,22 c/mm - mais de 30% (indo a mais de 47% - 0,40 c/mm - entre 60 e 70°);

(2) a existência de regiões distintas de orientação quanto ao desempenho do sistema, representadas por conjuntos de FTMs mais largas ou mais estreitas.

Avaliando o primeiro aspecto acima, podemos concluir que realmente não se podem negligenciar as recomendações para uma avaliação mais completa de sistemas radiográficos com focos de dimensões discrepantes. Não há linearidade na variação entre FTMs resultantes para as diversas orientações consideradas e esse fato demonstra ser insuficiente avaliar sistemas desse tipo a partir de apenas duas FTMs (perpendicular e paralela ao eixo do tubo), tornando-se necessária, portanto, uma investigação mais ampla. Todavia, isso é um sério complicador, uma vez que o método que aqui estamos considerando já é bastante complexo na sua forma convencional.

Contudo, a segunda observação feita no início deste item reflete um importante aspecto: notamos que, para ambos os mamógrafos avaliados neste estudo, há uma região de orientação do campo para a qual o comportamento do sistema é melhor - a faixa com FTMs mais largas e de maior valor de primeiro mínimo de frequência espacial - o que, na prática, significa a produção de imagens mais nítidas. Para o Mammomat, essa região surge nas orientações de 70 a 90° e para o Mammodiagnost, de 0 a 40°.

Notamos que parece haver uma espécie de "salto" entre as orientações de 60 e 70° na figura 1 e entre 40 e 50° na figura 2. Essa variação mais pronunciada, tanto na largura quanto no primeiro mínimo para as FTMs naquelas respectivas orientações, marca um limite dentro do campo entre regiões de imagens mais pobres e de imagens mais nítidas, essa última a que denominamos aqui de "Região Ótima".

Verificamos, portanto, que, para sistemas mamográficos não isotrópicos como os investigados, com focos retangulares ou ovais, é necessário uma avaliação mais extensiva para que o método das funções de transferência tenha um significado mais consistente. Tal avaliação, por sua vez, permite identificar a Região Ótima de cada sistema, determinada pelo conjunto de FTHs mais largas. E, como conclusão, é nossa proposta que, uma vez definida essa região, o radiologista utilize-a para obter imagens mais nítidas e, assim, aprimorando a qualidade da imagem final, conseqüentemente facilite o diagnóstico.

AGRADECIMENTO

À FAPESP, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ROSSMANN, K.; "Point Spread Function, Line Spread Function and Modulation Transfer Function", *Radiology*, USA, 93 (2): 257-272, 1969.
2. DOI, K.; FROMES, B.; ROSSMANN, K.; "New Device for Accurate Measurements of the X-ray Intensity Distribution of X-ray Tube Focal Spots", *Medical Physics*, USA, 2 (5): 268-273, 1975.
3. HAUS, A. G. et al.; "Sensitometry in Diagnostic Radiology, Radiation Therapy and Nuclear Medicine", *J. of Applied Photographic Engineering*, USA, 3 (3): 114-124, 1977.
4. DOI, K.; LOO, L. -N.; ROSSMANN, K.; "Validity of Computer Simulation of Blood Vessel Imaging in Angiography", *Medical Physics*, USA, 4 (5): 400-403, 1977.
5. MACHADO, L.M.C.; "Avaliação da Qualidade de Sistemas Radiográficos Utilizando as Funções de Transferência", Dissertação de Mestrado, EESC-USP, São Carlos (SP), 218p., 1989.
6. DOI, K. & ROSSMANN, K.; "Evaluation of Focal Spot Distribution by RMS Value and its Effect on Blood Vessel Imaging in Angiography", *SPIE*, USA, 47: 207-213, 1975.
7. DOI, K.; "Field Characteristics of Geometric Unsharpness due to the X-ray Tube Focal Spot", *Medical Physics*, USA, 4 (11): 15-20, 1977.
8. DOI, K. et al.; "MTFs and Wiener Spectra of Radiographic Screen-Film Systems, Part I: Interlaboratory Comparison of Measurements", *HHS Publication FDA 82-8187*, Maryland, USA, 6-38, 1982.

ENDEREÇO PARA CONTACTO

Homero Schiabel
Departamento de Engenharia Elétrica
Escola de Engenharia de São Carlos - USP
Caixa Postal 359
13560-250 - São Carlos, SP - Brasil
Fone: (0162) 71-4081
Fax: (0162) 71-9241