

OTIMIZAÇÃO DE IMAGENS MAMOGRÁFICAS*

Diana Rodrigues de Pina¹, José Morceli¹, Sérgio Barbosa Duarte², Thomaz Ghilardi Netto³

Resumo **OBJETIVO:** Este trabalho tem como objetivo a otimização de imagens mamográficas, com consideráveis reduções de doses. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Neste estudo o feixe de raios-X foi calibrado para cada tensão (kVp), de modo a determinar a melhor combinação de kVp e mAs que irá proporcionar uma densidade ótica (DO) em torno de 1.0 acima da base mais véu do filme utilizado. **RESULTADOS:** Serão discutidas questões sobre os métodos empregados para a seleção de parâmetros de exposição do feixe de raios-X, seleção da melhor imagem utilizando o método de avaliação gradativa visual, comparações entre as doses e carga do tubo (kVp × mAs) proporcionadas pelas técnicas determinadas neste estudo e pelas utilizadas na rotina clínica do Serviço de Diagnóstico por Imagem do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu. Neste estudo foram obtidas imagens radiográficas de mama de excelente qualidade, com redução de dose e carga de tubo, respectivamente, de 36,8% e 46,2%, quando comparadas com a técnica utilizada pela rotina clínica da instituição. **CONCLUSÃO:** Esta pesquisa vem contribuir com a otimização da relação risco-benefício para o paciente e custo-benefício para a instituição.

Unitermos: Mamografia; Fantoma homogêneo; Controle de qualidade; Redução de dose.

Abstract *Optimization of mammographic images.*

OBJECTIVE: The aim of this study is the optimization of mammographic images with a considerable radiation dose reduction. **MATERIALS AND METHODS:** In the present study the X-ray beam was calibrated for each tension (kVp), aiming at determining the best combination between kVp and mAs, resulting in optical densities of about 1.0 above the base-plus-fog density. **RESULTS:** This study will bring into question the methods for X-ray beam calibration, the choice of the best image by means of visual grading analysis, comparisons between doses and tube load (kVp × mAs) delivered by the techniques described in this study and by those adopted in the clinical routine at Service of Diagnostic Imaging of Faculdade de Medicina de Botucatu Clinics Hospital, Botucatu, SP, Brazil. Excellent breast radiographic images have been obtained with doses and tube loads reduction of respectively 36.8% and 46.2% in comparison to those employed in our institutions' clinical routine. **CONCLUSION:** This study is a contribution to the optimization of the risk-benefit ratio for patients and cost-benefit ratio for the institution.

Keywords: Mammography; Homogeneous phantom; Quality control; Dose reduction.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os óbitos por câncer de mama representam 16% da mortalidade por neoplasia maligna entre as mulheres⁽¹⁾. A detecção precoce ou *screening* é o processo de procurar um determinado tipo de câncer na sua fase inicial, antes que ele cause algum tipo de sintoma⁽²⁾. Nesse caso, a

mamografia é o exame mais indicado, podendo detectar até 90% dos casos de ocorrência do câncer de mama. Porém, a detecção dessa neoplasia por meio de exame mamográfico depende de fatores associados a parâmetros como sistemas tela-filme, técnicas radiográficas, utilização adequada da angulação do tubo de raios-X, posicionamento correto do paciente, compressão e exposição satisfatória da mama⁽²⁻³⁾.

O Brasil possui hoje mais de 2.700 mamógrafos, uma média de um para cada 32 mil habitantes⁽⁴⁾. Um dado alarmante é que mais de 60% desses mamógrafos não são submetidos a controle de qualidade⁽⁴⁾. Normalmente, as mamografias obtidas em serviços de diagnóstico por imagem apresentam qualidade muito baixa, podendo gerar laudos falso-positivos e falso-negativos, os quais representam parcela significativa na rotina clínica⁽⁴⁾. Vale salientar que a qualidade da imagem depende de densidades

ópticas (DO) agradáveis à resposta fisiológica do olho humano e de boa visualização de tecidos relevantes para um diagnóstico médico seguro. Os tecidos que constituem a mama possuem densidade e número atômico efetivo semelhantes, portanto, o contraste gerado pela interação da radiação com esses tecidos é pequeno⁽⁵⁾. Dessa forma, o exame mamográfico requer o mais alto padrão técnico de execução devido à própria estrutura dos tecidos que compõem a mama e à geometria bastante particular com que estes são radiografados⁽⁵⁻⁷⁾.

Neste trabalho propomos um procedimento de seleção de parâmetros de exposição para qualquer sistema tela-filme utilizado, de modo a obter técnicas radiográficas que proporcionem imagens de uma mama típica de 3 cm de compressão, com maior aceitação em testes de avaliação gradativa visual^(8,9), apresentando consideráveis reduções de doses.

* Trabalho realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Botucatu, SP.

1. Professores Assistentes Doutores do Departamento de Doenças Tropicais e Diagnóstico por Imagem da Faculdade de Medicina de Botucatu, Unesp.

2. Pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, RJ.

3. Professor Titular da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Endereço para correspondência: Profa. Dra. Diana Rodrigues de Pina. Departamento de Doenças Tropicais e Diagnóstico por Imagem da Faculdade de Medicina de Botucatu – Unesp. Distrito de Rubião Junior, s/nº. Botucatu, SP, 18618-970. E-mail: drpina@fmb.unesp.br / drpina@cbpf.br

Recebido para publicação em 23/3/2005. Aceito, após revisão, em 10/2/2006.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foi utilizado um fantoma referendado pelo Colégio Brasileiro de Radiologia, utilizado para acreditação em mamografia. A parte homogênea desse fantoma e a parte com detalhes analíticos foram utilizadas de modo a simular uma mama de composição média (50% de tecido glandular e 50% de tecido adiposo) com 3 cm de compressão.

A parte homogênea foi utilizada na seleção de parâmetros de exposição do feixe de raios-X^(10,11), de modo a obter técnicas radiográficas responsáveis pela produção de DO agradáveis ao olho humano. As DO foram obtidas a partir de curvas sensitométricas produzidas pelo método sensitométrico de tempo escalonado⁽¹⁰⁻¹²⁾. Este é um método muito eficiente para experimentos realizados em radiodiagnóstico⁽¹⁰⁻¹³⁾. A Figura 1 mostra o arranjo experimental do método sensitométrico adotado neste estudo, no qual se pode observar o fantoma (a) posicionado sobre um sistema de blindagem (b), montado sobre a *bucky*, onde está localizado o sistema tela-filme (c). Nesse procedimento foi usado o controle de exposição manual, de modo a expor somente regiões previamente estabelecidas, no sistema tela-filme, variando o tempo de exposição e mantendo-se constante a kVp. O resultado desse procedimento é mostrado na Figura 2, na qual se observam diferentes faixas de DO sobre o filme, devido à variação do tempo de exposição.

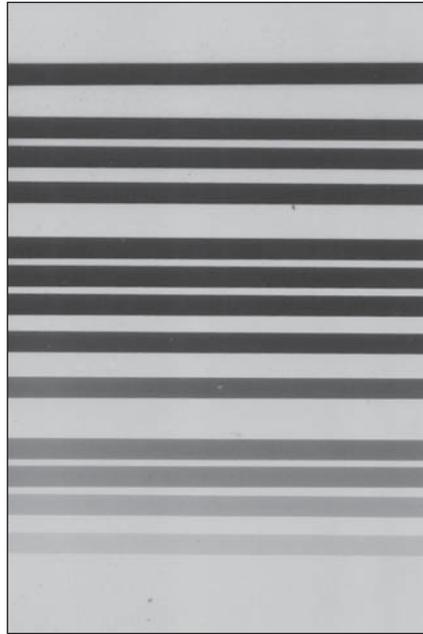


Figura 2. Faixas de densidade ótica obtidas pelo método sensitométrico de tempo escalonado.

Da relação entre o logaritmo da exposição relativa e a DO obtém-se a curva de resposta ou curva sensitométrica do sistema tela-filme, para uma determinada kVp⁽¹⁰⁻¹³⁾, conforme ilustra a Figura 3. A determinação da melhor DO foi obtida a partir da região linear da curva sensitométrica. Nesse procedimento, as mAs correspondentes às DO da região linear da curva foram combinadas com a kVp selecionada, gerando um conjunto de sete técnicas radiográficas. Essas técnicas foram utilizadas para obtenção de imagens do fantoma com

detalhes analíticos, o que levou à produção de imagens com diferentes DO, porém com o mesmo contraste radiográfico, por serem produzidas com a mesma kVp. As imagens obtidas foram avaliadas, subjetivamente, por 11 especialistas da área de radiologia, utilizando o método de avaliação gradativa visual^(8,9). Esses profissionais identificaram o melhor tom de cinza para produção de imagens da mama. Esse procedimento foi realizado para a faixa de tensão de 23–31 kVp, com passo de 1 kVp. Dessa forma, para cada valor de kVp temos uma imagem selecionada com o melhor tom de cinza (DO) para a resposta fisiológica do olho humano. Essas técnicas radiográficas são apresentadas na Tabela 1.

Vale salientar que todas as imagens produzidas com as técnicas da Tabela 1 apresentam o mesmo tom de cinza, entretanto, diferem entre si, em contraste radiográfico, por serem produzidas com distintas kVp. Novamente, o método de avaliação gradativa visual foi utilizado, de modo a identificar a imagem que proporciona a melhor visualização das estruturas que constituem o fantoma, isto é, o melhor contraste radiográfico para uma mama típica com 3 cm de compressão.

A técnica radiográfica apresentada na Tabela 1, capaz de fornecer a melhor visualização das estruturas que constituem o fantoma (28 kVp e 25 mAs), deve ser associada ao controle de exposição automática, de modo a obter uma mesma exposição (mantendo a kVp) no sistema tela-

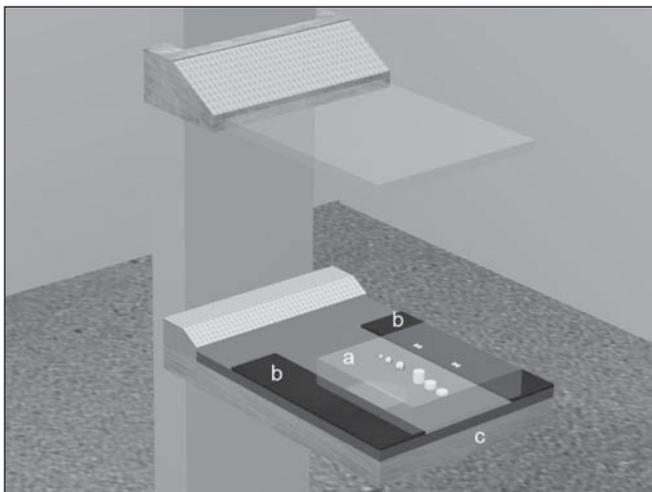


Figura 1. Arranjo experimental do método sensitométrico de tempo escalonado.

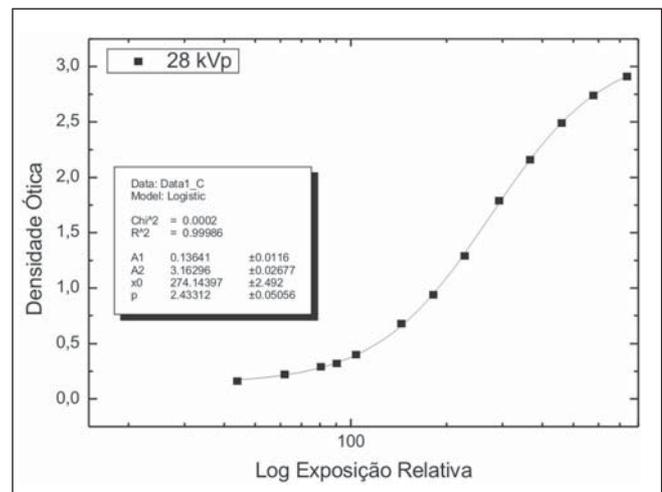


Figura 3. Curva característica obtida pelo método sensitométrico de tempo escalonado usando o fantoma homogêneo de 3 cm de acrílico e 28 kVp.

filme utilizado. Esse procedimento se faz necessário devido à necessidade em realizar exames mamográficos utilizando o controle de exposição automática^(7,14).

A melhor imagem obtida neste estudo foi comparada, pelo método de avaliação gradativa visual, com as produzidas pela rotina clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu – Universidade Estadual Paulista (HCFMB-Unesp). A imagem produzida pela rotina clínica foi determinada por um profissional de radiologia (técnico), o qual foi devidamente orientado a considerar o fantoma como uma mama típica com 3 cm de compressão. Dessa forma, o profissional selecionou três kVp e utilizou o controle de exposição automática do mamógrafo, de modo a produzir três imagens do fantoma com detalhes. Uma das imagens foi selecionada, pelo método de avaliação gradativa visual, como a melhor do conjunto de imagens produzidas com as técnicas da rotina clínica.

Por fim, utilizando dosímetros termoluminescentes de fluoreto de lítio (LiF)⁽¹⁵⁾, foram monitoradas as doses na superfície de entrada do fantoma, utilizando as técnicas radiográficas, otimizadas, encontradas neste estudo e as utilizadas pela rotina do serviço do HCFMB-Unesp.

Nesta pesquisa foram utilizados mamógrafo modelo Senographe 600T – Senix HF (General Electric), combinação alvo/filtro Mo/Mo, filme IBF-Medix (18 × 24) cm em combinação com tela intensificadora Min-R da Kodak, processadora automática dedicada Momoray Detail HT-300 (Agfa), densitômetro e sensitômetro, ambos da MRA. As possíveis variações na processadora foram avaliadas utilizando-se um sensitômetro de 21 passos *dual color* modelo 07-417 fabricado pela Victoreen e um densitômetro digital fabricado pela MRA. Vale salientar que a rotina clínica de diagnóstico por imagem utiliza o sistema tela-filme acima mencionado.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as kVp avaliadas neste estudo, com as respectivas mAs que produziram DO agradáveis ao olho humano, obtidas com o fantoma homogêneo, utilizando o método sensitométrico de tempo

escalonado. Vale salientar que o valor da base + véu do filme utilizado é 0,20.

Os resultados apresentados na Tabela 1 ilustram que a DO mais agradável ao olho humano para visualização das estruturas que constituem a mama é em torno de 1,27. A combinação de kVp e mAs que propor-

Tabela 1 Combinações de kVp e mAs utilizadas para obtenção de densidades óticas mais agradáveis à resposta fisiológica do olho humano, segundo especialistas da área de radiologia do HCFMB-Unesp, utilizando o fantoma homogêneo de mama.

kVp ± 0,01	mAs ± 0,01	DO ± 0,01
23,00	80,00	1,26
24,00	63,00	1,27
25,00	50,00	1,26
26,00	40,00	1,26
27,00	32,00	1,27
28,00	25,00	1,27
29,00	20,00	1,24
30,00	16,00	1,28
31,00	16,00	1,27

cionou a melhor visualização das estruturas que constituem o fantoma com detalhes, ilustrada em negrito, corresponde a 28 kVp em combinação com 25 mAs.

A imagem que corresponde à técnica radiográfica obtida neste estudo é apresentada na Figura 4A. A Figura 4B apresenta a melhor imagem produzida pela técnica radiográfica utilizada pela rotina clínica do HCFMB-Unesp ao simular uma mama típica com 3 cm de compressão. A imagem produzida pela rotina clínica (Figura 4B) apresenta perda de detalhes em contraste radiográfico e possui um tom de cinza em torno de 1,5, dificultando a visualização de estruturas relevantes para um diagnóstico médico seguro.

A Tabela 2 apresenta a técnica radiográfica determinada nesta pesquisa e as utilizadas na rotina do serviço com suas respectivas doses (em mGy), e carga do tubo, ao simular a exposição de uma mama típica com 3 cm de compressão.

Tabela 2 Comparação entre as doses e a carga do tubo (kVp × mAs) produzidas pelas técnicas radiográficas obtidas neste estudo e pela rotina clínica do HCFMB-Unesp.

Técnica radiográfica	Este estudo	Rotina clínica HCFMB-Unesp
kVp ± 0,01	28,00	26,00
mAs ± 0,01	25,00	40,00
D (mGy) ± 0,001	2,133	3,688
CT (J) ± 0,1	560,0	1.040,0

D (mGy), dose (em miligray) obtida na superfície de entrada do fantoma utilizado; CT (J), carga do tubo (kVp × mAs) com unidade em joule.

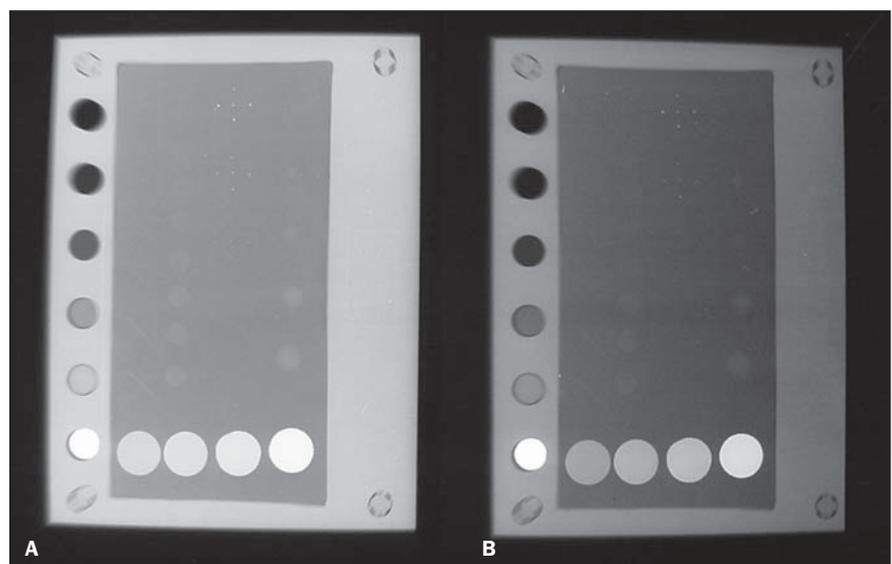


Figura 4. Imagens produzidas utilizando um fantoma analítico, simulando uma mama típica de 3 cm de compressão. **A:** produzida com a técnica radiográfica obtida neste estudo; **B:** produzida com a técnica radiográfica da rotina clínica do HCFMB-Unesp.

DISCUSSÃO

A sensitometria de tempo escalonado, adotada nesta pesquisa, permite avaliar as exposições da região linear da curva sensitométrica para uma dada kVp. Dessa forma, é possível determinar o melhor tom de cinza para a imagem radiográfica e associá-lo (por avaliação de exposição) ao controle de exposição automática para procedimentos diários. Esse método pode ser empregado sempre que algum fator sensitométrico (sistema tela-filme e processadora automática) apresentar consideráveis variações de modo a alterar a qualidade da imagem. Nesse método ainda é possível determinar o melhor contraste radiográfico, da mama simulada. Esse procedimento deve ser realizado a partir de avaliações das kVp do equipamento em estudo, a qual deve ser combinada com a mAs que proporciona um tom de cinza adequado à resposta fisiológica do olho humano.

Os valores de kVp e DO obtidos neste estudo conformam com os sugeridos pelo American College of Radiology⁽⁹⁾, isto é, 28 kVp e DO acima da base + véu do filme utilizado. Vale lembrar que os avaliadores das imagens mamográficas não tinham nenhuma informação quanto às técnicas radiográficas usadas nas imagens avaliadas.

Neste estudo verificou-se que o controle de exposição automática do setor de diagnóstico por imagem onde esta pesquisa foi desenvolvida estava devidamente calibrado para um sistema tela-filme mais sensível. Isso justifica o tom de cinza (1,50) apresentado na imagem produzida pela rotina clínica (Figura 4B) quando comparada com as obtidas neste estudo (Figura 4A). Além disso, a Figura 4B, apresenta consideráveis perdas no contraste radiográfico, ocorridas pela utilização de um valor inapropriado de

kVp quando comparada com a imagem apresentada na Figura 4A.

Além da otimização da qualidade da imagem, este estudo ainda provê uma redução de dose e carga do tubo, respectivamente, de 36,8% e 46,2%, quando comparadas com a técnica utilizada pela rotina clínica do HCFMB-Unesp ao simular a exposição de uma mama típica com 3 cm de compressão.

Os resultados obtidos nesta pesquisa chamaram a atenção do corpo clínico do HCFMB-Unesp e providências foram tomadas para melhorar a qualidade das imagens do serviço de mamografia. Foi feita a troca de todos os sistemas tela-filme, bem como a utilização da mais indicada solução química processadora para o sistema tela-filme adquirido no serviço. Vale ainda salientar que, atualmente, testes diários de controle de qualidade são realizados na processadora dedicada a mamografia, contribuindo para atender a qualidade dos exames mamográficos, cerca de 460 mensais, realizados no HCFMB-Unesp. Os resultados desta pesquisa levaram ainda à obtenção do selo de qualidade de mamografia do Colégio Brasileiro de Radiologia.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a colaboração de todo o corpo técnico e clínico do setor de diagnóstico por imagem, à Kodak, em especial ao físico Francisco Carrieri, pela concessão dos chassis utilizados neste estudo, e a Murilo Stelzer pela confecção das figuras.

REFERÊNCIAS

1. Câncer de mama. Disponível em: http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=336. Acessado em: 10/2/2006.

2. Guia Europeu para a Garantia de Qualidade no Rastreio por Mamografia CEC. Programa Europa contra o cancro Acções de protecção contra radiações, 1992.
3. Ghilardi Netto T, Trad CS. Princípios físicos e o controle de qualidade da imagem e da exposição em mamografia. *Radiol Bras* 1983;16:125-130.
4. Programa de Qualidade em Mamografia. Disponível em: <http://www.hospitalar.com.br/noticias/not1634.html>. Acessado em: 10/2/2006.
5. Barnes GY, Donald Frey G. Screen film mammography. Madison, WI: Medical Physics Publishing, 1991;159-175.
6. Magalhães LAG, Azevedo ACP, Carvalho ACP. A importância do controle de qualidade de processadoras automáticas. *Radiol Bras* 2002;35:357-363.
7. American College of Radiology Committee on Quality Assurance in Mammography. Quality Control Medical Physicist's Manual, 1999.
8. Sund P, Bath M, Kheddache S, Mansson LG. Comparison of visual grading analysis and determination of detective quantum efficiency for evaluating system performance in digital chest radiography. *Eur Radiol* 2004;14:48-58.
9. Tuczek HV, Fritz P, Schwarzmann P, Wu X, Mahner G. Breast carcinoma. Correlations between visual diagnostic criteria for histologic grading and features of image analysis. *Anal Quant Cytol Histol* 1996;18:481-493.
10. Pina DR, Ghilardi Netto T, Rocha SL, Brochi MAC, Trad CS. Construção de um fantoma homogêneo para padronização de imagens radiográficas. *Radiol Bras* 2000;33:41-44.
11. Pina DR, Duarte SB, Ghilardi Netto T, Trad CS, Brochi MAC, Oliveira SC. Optimization of standard patient radiographic images for chest, skull and pelvis exams in conventional x-ray equipment. *Phys Med Biol* 2004;49:N215-226.
12. Góes EG, Pela CA, Ghilardi Netto T. A time-scale sensitometric method for evaluating screen-film systems. *Phys Med Biol* 1997;42:1939-1946.
13. Haus AG. Screen-film image receptors and film processing. Syllabus: A categorical course in physics-technical aspects of breast imaging. 2nd ed. Oak Brook, IL: RSNA, 1993;69-83.
14. Ministério da Saúde, Secretaria da Vigilância Sanitária. Diretrizes de proteção radiológica em diagnóstico médico e odontológico. Portaria nº 453, 1998.
15. Cameron JR, Suntharalingam N, Kenney GN. Thermoluminescent dosimetry. London: University of Wisconsin Press, 1968.