

Avaliação comparativa da qualidade da imagem em sistemas de radiologia computadorizada utilizando *Imaging Plates* com diferentes tempos de uso

Comparative evaluation of image quality in computed radiology systems using imaging plates with different usage time

M. V. Lazzaro¹, R. M. da Luz,¹ A. S. Capaverde¹, A. M. Marques da Silva²

¹ PUCRS, Hospital São Lucas, Porto Alegre, Brasil

² PUCRS, Faculdade de Física, Porto Alegre, Brasil

Resumo

Os sistemas de aquisição de imagens computadorizada (CR) utilizam de placas de imagem, denominadas *Imaging Plates* (IPs), para captura da imagem latente. Levando-se em consideração o controle da qualidade (CQ) destes sistemas, o tempo de uso destas placas é indeterminado. Diferentes recomendações e publicações acerca do assunto sugerem testes para avaliar IPs. O objetivo deste trabalho é comparar a qualidade de IPs de um sistema CR, em um serviço de mamografia, considerando o tempo de uso e avaliações de constância. Foram utilizados 8 IPs divididos em dois grupos: o primeiro grupo foi constituído de 4 IPs com 3 anos de uso (Grupo A); o segundo grupo foi formado por 4 IPs novos, sem nenhuma exposição prévia (Grupo B). Os testes utilizados para avaliação da qualidade dos IPs foram: Uniformidade, Razão Sinal-Ruído Diferencial (SDNR), Efeito *Ghost* e Figura de Mérito (FDM). Os resultados estatísticos apontam que os testes propostos se mostram eficientes em avaliar as condições da qualidade de imagem obtida em sistemas CR na mamografia, podendo ser utilizados como fatores determinantes para a substituição dos IP's. Além disso, na comparação entre os dois conjuntos de IPs, os resultados determinaram a substituição de todas as IP's do conjunto com 3 anos de uso. Este trabalho demonstra a importância de um controle de qualidade eficiente, não apenas no que diz respeito à qualidade das IPs utilizadas, mas no sistema de aquisição como um todo. A partir desse trabalho, estes testes serão realizados com periodicidade anual, já visando como trabalho futuro, o acompanhamento do desgaste das IPs do grupo B e a criação de uma linha de base para análise e futuras substituições

Palavras-chave: Radiologia Computadorizada; Mamografia; *Imaging Plates*; Controle da Qualidade.

Abstract

Computed Radiology (CR) systems use imaging plates (IPs) for latent image acquisition. Taking into account the quality control (QC) of these systems, imaging plates usage time is undetermined. Different recommendations and publications on the subject suggest tests to evaluate these systems. The objective of this study is to compare the image quality of IPs of a CR system, in a mammography service, considering the usage time and consistency of assessments. 8 IPs were used divided into two groups: the first group included 4 IPs with 3 years of use (Group A); the second group consisted of 4 new IPs with no previous exposure (Group B). The tests used to assess the IP's quality were: Uniformity, Differential Signal to Noise Ratio (SDNR), Ghost Effect and Figure of Merit (FOM). Statistical results show that the proposed tests are shown efficient in assessing the conditions of image quality obtained in CR systems in mammography and can be used as determining factors for the replacement of IP's. Moreover, comparing the two sets of IP, results led to the replacement of all the set of IP's with 3 years of use. This work demonstrates the importance of an efficient quality control, not only with regard to the quality of IP's used, but in the acquisition system as a whole. From this work, these tests will be conducted on an annual basis, already targeting as future work, monitoring the wear of IP's Group B and the creation of a baseline for analysis and future replacements.

Keywords: Computed Radiology, Mammography, *Imaging Plates*, Quality Control.

1. Introdução

Os sistemas de aquisição de imagens radiográficas computadorizadas ou CR (do inglês *Computed Radiology*), utilizam-se de placas constituídas de cristais de cloreto de bário e flúor dopado com európio (BaFBr:Eu²⁺), denominadas *Imaging Plates* (IPs), para formação da imagem latente¹. A IP absorve os fótons de raios X, armazenando a energia em sua estrutura cristalina, formando a chamada imagem latente. Essa energia armazenada é liberada quando a IP

é estimulada por uma fonte luminosa com um comprimento de onda específico, pelo processo de luminescência fotoestimulada, realizado dentro do sistema CR².

Esta tecnologia trouxe a possibilidade de diversos ajustes na imagem que podem ser realizados a qualquer momento, além da otimização no processo de armazenamento e acesso das imagens².

As IPs podem ser usadas durante muitos anos e serem submetidas a diversas exposições sem

perda evidente da qualidade das imagens adquiridas³. Autores como SHETTY et. Al. (2011)⁴ afirmam que se controlada, a placa de imagem pode durar por 5 anos, após precisa ser substituída.

OAKLEY (2003)⁵ afirmam que a maioria das IP tem uma vida estimada de 10.000 exposições.

Segundo os fabricantes a vida útil das placas é centenas ou milhares de exposição, sendo determinada principalmente pelos cuidados no manuseio e condições ambientais. Não foram evidenciados na literatura e no manual do equipamento utilizado no presente estudo, registros com relação à vida útil ou validade desse material

Levando-se em consideração que o serviço possua um programa de controle da qualidade (CQ) adequado e que os parâmetros usados na aquisição das imagens sejam corretos, o tempo de uso das placas de imagem é indeterminado, não havendo número máximo de exposições sugerido pelo fabricante.

A Associação Americana de Física Médica (AAPM) em seu *Report* nº 93², recomenda uma metodologia de avaliação para sistemas CR, incluindo testes específicos para análises das IPs. Essa recomendação leva em consideração a variedade dos sistemas disponíveis no mercado. No entanto, o próprio documento ressalta que, devido aos avanços tecnológicos e ao aumento na instalação de sistemas de aquisição direta, os testes descritos podem não ser aplicáveis, devendo o usuário buscar outras fontes de consulta, com metodologias adequadas².

Segundo a publicação da AAPM², visando especificamente a análise da qualidade dos IPs, pode-se identificar que os testes periódicos, quantitativos recomendados são: Efeito *Ghost*, Uniformidade, Linearidade e Baixo Contraste. Para a análise qualitativa são sugeridos: Limpeza e Apagamento das Placas de Imagem.

Outras publicações como *European Reference Organization for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services*⁶ e mais recentemente, a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA)⁷, sugerem que também sejam realizados testes de razão contraste ruído (CNR), razão sinal ruído (SNR) ou razão sinal ruído diferencial (SDNR), e avaliação de dose glandular média (DGM), associados à qualidade da imagem. Friedrich et. al.⁸ analisou a qualidade dos IPs na mamografia e apontou em suas conclusões que os testes de Uniformidade, Efeito *Ghost* e Integridade representam os procedimentos de CQ mais apropriados para avaliar a degradação das placas de imagem. Mação et. al.⁹ também analisou placas de imagem utilizadas na mamografia e concluiu que as características da qualidade da imagem são diretamente afetadas pelo envelhecimento das placas. Segundo Mação et. al.⁹, a análise de CNR, SNR e DGM são bons parâmetros para o acompanhamento do desempenho e da deterioração natural das IPs⁹.

O objetivo deste trabalho é comparar a qualidade de placas de imagem de um sistema CR, em um serviço de mamografia, considerando o tempo de uso e avaliações de constância. Através de testes recomendados pela IAEA e além de uma avaliação da Figura de Mérito (FDM), serão comparadas placas de imagem novas com aquelas com 3 anos de uso

2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi realizado utilizando uma leitora CR da marca *Fuji* modelo *FCR Profect Cs Plus* e IPs da mesma marca, modelo *HR-BD*. O mamógrafo utilizado para os testes foi o *Mammomat-3000* (*Siemens*), instalado em um hospital da cidade de Porto Alegre. O sistema CR utilizado é avaliado periodicamente através de testes recomendados pela AAPM², e possui manutenção preventiva realizada anualmente pelo fabricante. O mamógrafo também é avaliado periodicamente, seguindo as recomendações da legislação nacional vigente.

Foram utilizadas 8 IPs divididas em dois grupos: o primeiro grupo, denominado Grupo A, é constituído de 4 IPs com 3 anos de uso (com início de uso entre Agosto e Novembro de 2012), o segundo grupo é formado por 4 IPs novas, sem nenhuma exposição prévia, referido como Grupo B. Os testes utilizados para avaliação da qualidade das IPs foram: Uniformidade, SDNR, Efeito *Ghost* e FDM. Os métodos utilizados em cada teste são descritos a seguir.

2.1 Uniformidade

O teste de uniformidade tem como objetivo garantir que a imagem seja uniforme em relação ao nível de sinal e o ruído⁷.

A metodologia de análise tem como base as recomendações da EUREF⁶ e da IAEA⁷. A análise foi realizada mediante obtenção da intensidade de sinal e desvio padrão obtida para cada quadrante da imagem, utilizando o *software Image J*®¹⁰. A Figura 1 mostra as regiões de interesse (ROI) avaliadas.

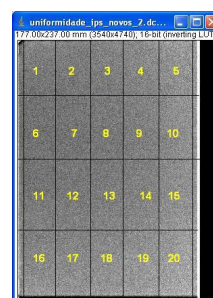


Figura 1. Imagem analisada e suas subdivisões.

A variação percentual da uniformidade, para cada ROI avaliado, foi obtida através da equação 1⁶:

$$V(\%) = \frac{(\text{Valor ROI } X - \text{Média Total})}{\text{Média Total}} \quad (1)$$

Onde '*Valor ROI X*' é o valor da média de pixels da ROI que está sendo analisada, '*Média Total*' é o valor da média de pixels de todas as ROIs.

2.2 Efeito Ghost

O teste de Efeito Ghost tem como objetivo avaliar a existência de imagens residuais resultantes de exposições anteriores⁷. Estes resíduos podem ser causados, dentre outros motivos, pela ineficiência do sistema de processamento em apagar as imagens entre uma exposição e outra, pela dose de radiação incidente sobre a IP ser muito elevada e pelo próprio tempo de uso além do número de exposições da placa¹¹.

A avaliação do Efeito Ghost ocorre através da razão entre o módulo da diferença entre as médias da intensidade de sinal em duas regiões, uma sem sobreposição de uma placa de PMMA (1), outra com sobreposição de uma placa de PMMA (2) e o respectivo desvio padrão de 2⁷, conforme demonstrado na Figura 2.

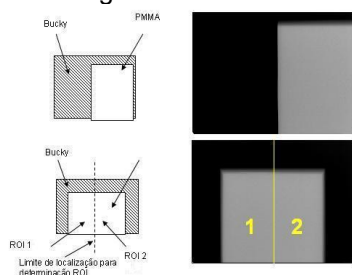


Figura 2. Esquema de avaliação do Efeito Ghost. O Efeito Ghost é obtido através da equação 2⁷:

$$EfeitoGhost = \frac{MédiaROI_1 - MédiaROI_2}{DesvioPadrãoROI_2} \quad (2)$$

2.3 Razão Sinal Ruído Diferencial (SDNR)

O teste de SDNR tem como objetivo avaliar a visualização de detalhes entre duas áreas com densidades diferentes¹², uma composta de simuladores de PMMA e outra pela sobreposição de uma placa de alumínio com espessura de 2 mm sobre o PMMA conforme demonstrado na Figura 3.



Figura 3. Esquema de avaliação da SDNR.

A metodologia de aquisição de imagens foi baseada nas recomendações da IAEA⁷, cuja única diferença foi no uso de simuladores do tipo BR12 de 4,5 cm de espessura, ao invés de PMMA, pois estes possuem densidade similar a uma de mama, composta 50% de tecido glandular e 50% de tecido adiposo¹³. Este mesmo simulador é utilizado no teste de Dose Glandular Média.

Para o cálculo do SDNR foi utilizada equação 3⁷:

$$SDNR = \frac{MédiaROI_1 - MédiaROI_2}{DesvioPadrãoROI_2} \quad (3)$$

2.4 Figura de Mérito (FDM)

A expressão da Figura de Mérito (FDM) permite avaliar quantitativamente as diferenças de qualidade da imagem por unidade de dose^{13,14}. A FDM é calculada pela razão entre o SDNR ao

quadrado e a dose glandular média normalizada (DgN)¹⁴, a partir da equação 4¹⁴:

$$FDM = \frac{SDNR^2}{DgN(mGy)} \quad (4)$$

A dose glandular média foi estimada através de um método semi-empírico, que considera a exposição na entrada da pele e a dose glandular normalizada, conforme metodologia recomendada pela IAEA⁷. Essa grandeza é avaliada na verificação de constância do mamógrafo.

3. Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para os testes realizados.

Tabela 1. Valores obtidos a partir da análise dos dados coletados em cada IP

Teste	Grupo A	Grupo B	Valor p
Uniformidade	12,80%	7,24%	5,3E-5
	12,81%	7,60%	
	12,84%	8,26%	
	14,49%	8,26%	
Média±Desvio padrão	13,24%±0,84%	7,84%±0,51%	
Efeito Ghost	2,13	1,95	0,023
	2,00	1,87	
	1,97	1,62	
	2,21	1,48	
Média±Desvio padrão	2,08±0,11	1,73±0,22	
SDNR	5,30	6,91	0,021
	5,97	6,49	
	6,30	6,64	
	6,49	7,38	
Média±Desvio padrão	6,02±0,52	6,86±0,39	
FDM (mGy ⁻¹)	25,78	38,74	0,020
	32,73	40,49	
	36,46	43,85	
	38,68	50,09	
Média±Desvio padrão	33,4±5,6	43,3±5,0	

Para o teste de uniformidade, o valor médio do grupo A foi de 13,24% e do grupo B de 7,84%, o que representa uma diferença significativa entre os grupos (p<0,05). A EUREF⁶ recomenda que para IPs utilizadas em mamografia, a variação percentual da uniformidade deve ser menor ou igual a 15%. Nenhuma IP do grupo B apresentou variação percentual acima de 10% e todas as IPs do grupo A apresentam variações próximas ao valor limite. Este fato indica uma possível degradação das placas do grupo A, ou seja, das IPs mais antigas, em relação a uniformidade de sinal ao longo da imagem produzida.

A avaliação do Efeito Ghost mostrou que existe uma diferença significativa entre os grupos estudados (p = 0,023). O grupo A apresentou média igual a 2,08 e o grupo B teve média de 1,73. Para o grupo A, com exceção de apenas 1 IP, os valores estavam acima do recomendado pela IAEA⁷, que é de 2,0. O grupo B não apresentou nenhum valor acima deste limite.

Considerando apenas a SDNR, quanto maior é esse parâmetro, maior a qualidade de visualização de detalhes que a imagem apresenta¹⁵. Para as IP's do grupo A, a média foi de 6,015 e para o

grupo B, a média foi de 6,855, com $p = 0,021$. As IPs do Grupo B apresentaram maior valor de SDNR do que as do grupo A, o que torna este teste um descritor de qualidade confiável, principalmente em conjunto com outros testes, como a medida de FDM.

Para análise do FDM, os maiores valores representam imagens com melhor visualização de detalhes e menor dose. As IP's do grupo A obtiveram média igual a 35,95 e as IP's do grupo B média de 44,81, com valor $p = 0,020$. Para análise do FDM, as imagens formadas pelas IPs do grupo B demonstram melhor qualidade e menor dose.

4. Discussão e conclusões

No presente estudo, avaliaram-se placas de imagem em um serviço de mamografia através de testes de constância para comparar a degradação natural de IPs novas e usadas.

Este trabalho demonstrou que todos os testes propostos se mostram eficientes em avaliar as condições da qualidade de imagem obtida em sistemas CR, podendo ser utilizados como fatores determinantes para a troca de IPs. Os resultados apresentados estão de acordo com aqueles encontrados em trabalhos anteriores como em Friedrich et. al.⁶ e Mação et. al.⁷, diferenciando-se do primeiro apenas com relação à relevância do teste de SDNR, fato que pode estar relacionado ao tempo de uso da amostra de IPs utilizada, comparando ambos os trabalhos. A FDM, que relaciona a SDNR à grandeza DgN, mostra-se um importante descritor de qualidade e pode ser utilizada para representar a melhor relação custo-benefício para a substituição dos IPs^{16,17}.

Os resultados encontrados na comparação entre os dois conjuntos de IPs, sendo um novo e outro com 3 anos de uso, foram decisivos para a substituição do conjunto A. Este fato se deve à perda de qualidade identificada, que pode estar impactando no aumento de dose na entrada da pele do paciente. Segundo os resultados da análise da FDM, para os IPs mais antigos há um aumento na dose recebida pelo paciente e um decréscimo na qualidade da imagem obtida.

Além das conclusões citadas anteriormente, para o teste de uniformidade, o valor percentual máximo do grupo A foi de 14,49% e do grupo B de 8,26%. A avaliação do Efeito *Ghost* mostrou que existe diferença entre os grupos estudados, sendo para o grupo A, os valores estavam acima do recomendado, com exceção de um IP; diferentemente, o grupo B não apresentou nenhum IP com valores acima do limite. As IPs do Grupo B apresentaram maior valor de SDNR e de FDM, demonstrando melhor qualidade de imagem e menor dose do que as IP's do grupo A. Resultados esses que demonstraram a necessidade de troca de todas as IP's do grupo A. Adicionalmente pretende-se avaliar a dose em relação ao tempo de uso das placas de imagem.

Agradecimentos

A equipe do setor de Mamografia do Hospital São Lucas da PUCRS, pela disponibilização dos equipamentos para realização deste trabalho, e a Barbara pela ajuda na análise dos dados.

Referências

1. Rowlands JA. The physics of computed radiography. *Phys Med Biol* 2002, 47:123-166
2. AAPM REPORT Nº 93. Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Systems. Report of AAPM Task Group 10 (October 2006).
3. Pongnapang N. Practical guidelines for radiographers to improve computed radiography image quality. *Biomedical Imaging and Intervention Journal*, v. 1, n. 2, e. 12, out-dez, 2005.
4. Shetty C M, Barthur A, Kambadakone A, Narayanan N, K Rajagopal. Computed Radiography Image Artifacts Revisited. *American Journal of Roentgenology*. 2011;196: W37-W47
5. Oakley J. Digital Imaging: A Primer for Radiographers, Radiologists and Health Care Professionals. 2013.
6. EUREF "European Reference Organization for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services, Fourth Edition", EUREF, (2006).
7. IAEA Human Health Series – Quality Assurance Programme for Digital Mammography; Nº17, 2011.
8. Friedrich, B Q, Da Silva, A M M, Da Luz, R M, Real J V, Capaverde A S. Assessment of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Plates Quality in Computed Radiography. In: World Congress in Medical Physics and Biomedical Engineering, 2015, Toronto. IFMBE Proceedings, 2015.
9. Mação JR. J L, Mecca, F A, Fiel, J C B. Verificação do Desempenho dos Image Plates do sistema CR Mamográfico, através dos Testes de CNR, SNR e DGM, com relação ao Número de Exposições Realizadas. In: XIX Congresso Brasileiro de Física Médica, 2014, Goiânia. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Física Médica, 2014
10. Rasband W. ImageJ 1.14o. National institutes of Health, USA. Disponível em: <http://imagej.nih.gov/ij/>
11. Ohuchi H, Kondo Y. Complete erasing of ghost images caused by deeply trapped electrons on computed radiography plates. *Proc. SPIE 7961, Medical Imaging 2011: Physics of Medical Imaging, 79614Q*, 2011.
12. Saddock A S S, Candeias J P, Oliveira D F, Lopes R T. Signal Diferencial-to-Noise Ratio (SdNR) in the Evaluation of Radiography Techniques for Optimization of the Industrial Computed. International Nuclear Atlantic Conference, 2007.
13. Hoff G, Almeida C E, Barnes G T. Comportamento da dose glandular versus contraste do objeto em mamografia: determinação de formalismo semi-empírico para diferentes combinações alvo-filtro. *Radiol Bras*, vol.39, no.3, p.193-198, 2006.
14. Alvarez M, Pina D R, Giacomini G, Bacchim Neto F A, Miranda J R A. Contrast/Dose Evaluation on patients of Different Sizes. 43ª Jornada Paulista de Radiologia, TL.34.002, 2013.
15. Saddock A S S, Candeias J P, Oliveira D F, Lopes R T. Estudo da otimização da radiografia digital através da razão sinal-ruído diferencial (SdNR). In: IV Conferencia Panamericana de END, 2007, Buenos Aires. IV Conferencia Panamericana de END, 2007
16. Tomal A. Estudo Semianálítico da qualidade de Imagem e Dose em Mamografia. [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto; 2010.
17. Ribeiro P B, Cunha D M. Desempenho de Espectros de raios X em Mamografia Contrastada Utilizando o Método de Monte Carlo. In: XIX Congresso Brasileiro de Física Médica, 2014, Goiânia. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Física Médica, 2014.

Contato:

Marcos Vinicius Lazzaro
Hospital São Lucas da PUCRS
Av. Ipiranga, 6690, Jardim Botânico.
Porto Alegre/RS - CEP: 90610-000.
marcos.lazzaro@acad.pucrs.br