

TESTES DE DESEMPENHO EM EQUIPAMENTOS DE TOMOSÍNTESE DE MAMA

Carolina Viloría¹, Lucas Paixão^{1,2}, Telma Fonseca¹, Peterson L. Squair¹, Danielle Soares Gomes¹, Maria H. A. Teixeira³, Margarita Chevalier⁴, João E. Peixoto⁵; Maria S. Nogueira¹

¹Laboratório de Radioproteção Aplicada à Mamografia, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, Brasil

²Departamento de Anatomia e Imagem, Faculdade de Medicina/UFGM, Belo Horizonte, Brasil

³Clínica Dra. Maria Helena Araújo Teixeira, Belo Horizonte, Brasil

⁴Departamento de Radiología, Facultad de Medicina/Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

⁵Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, Brasil

Introdução: No Brasil o câncer de mama é um dos tipos de câncer mais frequentes entre as mulheres, com estimativa de 57 mil novos casos para 2017. A mamografia é o método mais efetivo para a detecção precoce do câncer de mama. Porém, nos casos de pacientes com mamas densas, o diagnóstico torna-se difícil devido a superposição de tecidos. Os sistemas de Tomosíntese Digital de mama (TDM) podem minimizar este problema através da redução ou eliminação da sobreposição de tecidos. A TDM é uma técnica na qual uma série de planos da mama são reconstruídos paralelamente ao detector, a partir de um conjunto de imagens de projeção adquiridas em um intervalo angular limitado. No contexto do desenvolvimento de um protocolo nacional de testes de desempenho para sistemas de TDM, o objetivo deste trabalho é apresentar os testes e os resultados típicos para o controle de qualidade desta modalidade de imagem diagnóstica.

Métodos: Os testes de desempenho foram executados em um equipamento de mamografia Hologic Selenia Dimensions com sistema de Tomosíntese. Foram analisados os seguintes testes: rendimento, camada semi-redutora (CSR), resposta do detector e ruído, resposta do Controle Automático de Exposição (CAE), usando a razão diferença de sinal ruído (SDNR, *signal difference to noise ratio*), e estimativa da dose glandular média (DGM). Estes testes foram aplicados nas condições de mamografia digital ou 2D, e TDM. Além disso, foi realizada a avaliação da distorção geométrica e dispersão de artefato (DGDA) nos planos reconstruídos da Tomosíntese.

Resultados e Discussões: Os resultados das medições realizadas no equipamento foram analisados no Laboratório de Radioproteção aplicado à mamografia (LARAM/CDTN/CNEN). Os valores do rendimento e a CSR são mostrados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Valores de Rendimento e CSR

kVp	Alvo/ Filtro	Rendimento ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}^2$ a 1m)	CSR (mmAl)
25	W/Rh	11,6	0,45
28	W/Rh	16,2	0,48
30	W/Rh	19,3	0,5
25	W/Ag	17,5	0,52
28	W/Ag	21,2	0,55
30	W/Ag	24,8	0,57
26	W/Al	22,9	0,42
30	W/Al	34,4	0,5
34	W/Al	47,9	0,58
38	W/Al	63,5	0,65
42	W/Al	78,9	0,69

A Figura 1 apresenta os resultados do teste de resposta do detector para 2D e TDM. As respostas dos detectores apresentam um comportamento linear ($R^2 = 1$) dos valores médios de pixel (VPM) em função do Kerma no ar incidente (K_i) para cada um dos parâmetros técnicos selecionados, demonstrando a linearidade da função de resposta do detector. Posteriormente, para analisar o ruído produzido nas imagens, foram plotados os valores do desvio padrão dos VPM das imagens (σ) em função dos valores de K_i . O ruído foi analisado através do valor da potência das curvas ajustadas para 2D e TDM (Figura 2). Os resultados indicam que do índice da curva de potência está entre 0,425 e 0,575 para as projeções da TDM enquanto para o modo 2D (0,37) é necessário

analisar o espectro dos ruídos relativos da imagem. Nas Figuras 3 e 4, se observa as distribuições do ruído indicando as contribuições do ruído eletrônico, quântico e Estrutural para usando a imagem 2D e as projeções TDM, respectivamente. Pode se observar que efetivamente a maior contribuição do ruído nas imagens é o ruído quântico.

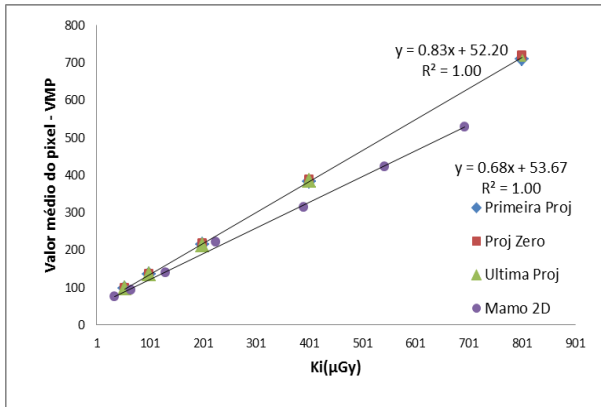


Figura 1. Teste de resposta do detector

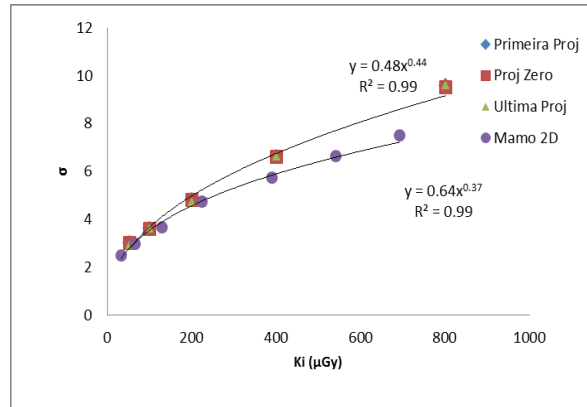


Figura 2. Teste de ruído no detector

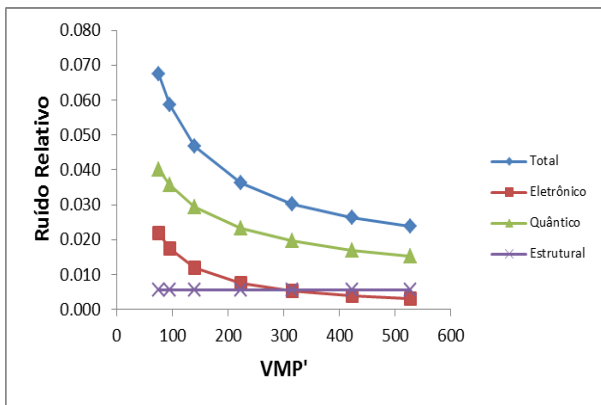


Figura 3. Componentes do ruído (2D)

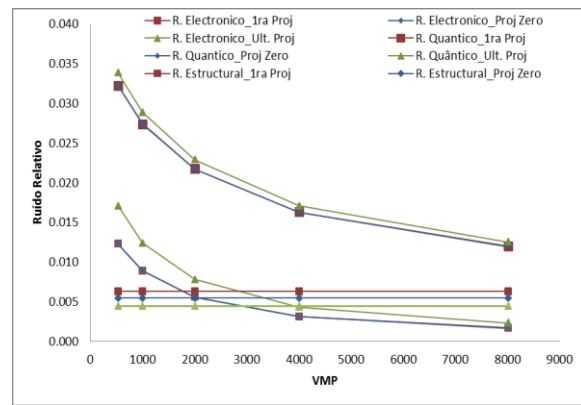


Figura 4. Componentes do ruído nas projeções TDM

As medidas de CNR realizadas nos modos 2D e TDM foram utilizadas para o teste de SDNR (Figura 5). No caso da TDM, as medidas foram analisadas na projeção zero (0°) e no plano em foco reconstruído. Também são mostrados os valores de SDNR necessários para atender aos padrões de qualidade de imagem mínimos segundo o protocolo NBSBSP para mamografia 2D e os valores limitantes calculados para medições CNR no modo 2D no protocolo de mamografia digital da Agencia Internacional de Energia Atômica (AIEA).

Os Valores estimados da DGM para diferentes espessuras de mama nas condições 2D e TDM (Tomo) são apresentadas na Figura 6. Os resultados indicam que o equipamento opera de maneira segura com respeito aos limites de dose de radiação.

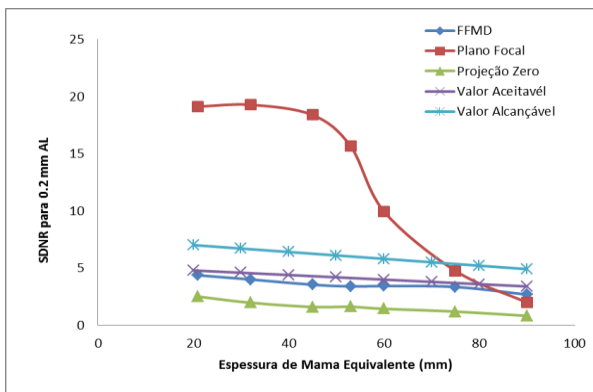


Figura 5. SDNR calculado para as imagens obtidas com CAE para diferentes espessuras de PMMA

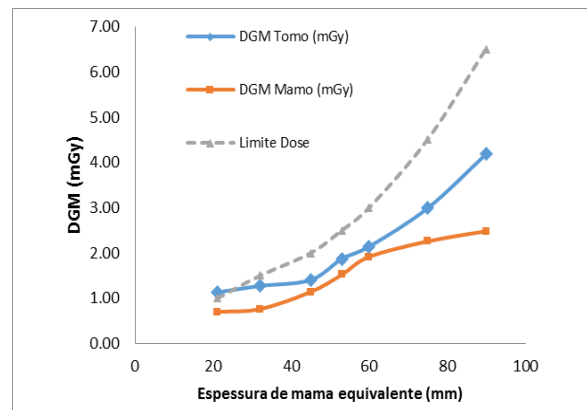


Figura 6. DGM para Mamo e Tomo usando CAE.

Utilizando uma metodologia desenvolvida no LARAM/CDTN, foi analisada a DGDA do sistema TDM. Os resultados estão sumarizados na Tabela 2. Os resultados para o teste DGDA estão de acordo com os valores recomendados na literatura.

Tabela 2. Análise do Teste de DGDA

	25 cm	35 cm	45 cm	Avaliação
Grau de inclinação ou curvatura do plano focal contendo as bolas de Al	0.65	0.25	0.7	< 2 mm
Distorção significativa da imagem dentro do plano focal na verdadeira altura das bolas de Al	0.4%	0.4%	0.0%	X (< 5%)
	0.3%	0.4%	0.0%	Y (< 5%)
Distorção discernível da imagem no plano focal	0.2	0.2	0.2	X (± 0.1 mm)
	0.2	0.2	0.2	Y (± 0.1 mm)
Espalhamento	1%	8%	0%	X (< 50%)
	5%	5%	7%	Y (< 50%)
FWHM em Z	20%	17%	19%	< 20%

Conclusões: Neste trabalho foram apresentados os testes de desempenho e os resultados típicos para o sistema de Tomossíntese digital de mama Hologic Selenia Dimensions. Os resultados dos testes de rendimento e CSR caracterizam o feixe de raios X do equipamento. As características do detector de imagem foram avaliadas com o teste de resposta e ruído, apresentando função de resposta linear e uma maior contribuição de ruído quântico na formação da imagem. A resposta do controle automático de exposição, avaliada através da SDNR, e o teste de DGDA apresentam resultados similares a avaliações técnicas realizadas em equipamentos de TDM pelo Centro Nacional de Coordenação da Física da Mamografia do Reino Unido. Os valores estimados de dose glandular média indicam que o aparelho opera de maneira segura. A experiência adquirida nas medições e análises dos testes de controle de qualidade em equipamentos de mamografia com sistema TDM contribui para a elaboração do protocolo de Controle de Qualidade para estes equipamentos no Brasil.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao CDTN pelo incentivo na pesquisa. Este trabalho foi suportado pelo CNPq - Programa Ciências sem Fronteiras, FAPEMIG, e o Ministério de Ciências e Tecnologia-MCT/Brasil, através do Instituto Brasileiro de Ciências e Tecnologia (INCT) para Metrologia de Radiações em Medicina.