

Avaliação do desempenho de monitores diagnóstico em uso na cidade de Salvador: estudo piloto.

Igor Garcia^{1,2}, Paulo Geambastiani^{1,2}, Mário Ferreira^{1,3}, Carolina Lins², Éric Macêdo¹, Marcus Navarro¹, Valéria Navarro¹, Lara Pereira¹, Evandro de Jesus¹ e Handerson Jorge Dourado Leite¹.

¹Laboratório de Produtos para Saúde do Instituto Federal da Bahia – Labprosaud/FBA;

²Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, ³Universidade Estadual da Bahia – UNEB

E-mail: lem.labprosaud@ifba.edu.br

Resumo: Em termos radiológicos, a qualidade da imagem é a exatidão da representação da anatomia do paciente. Considerando a importância do desempenho dos monitores para a eficácia global de uma prática de diagnóstico por imagem, o objetivo desse trabalho é avaliar o desempenho dos monitores diagnóstico em uso, através do método descrito no report 03 da AAMP e no protocolo espanhol, utilizando instrumentação calibrada rastreável ao NIST e à RBC. Resultados dos monitores avaliados até o momento mostram 100% de conformidade para os testes de distorção geométrica e reflexão interna e 0% de conformidade para o teste de dependência da luminância.

Palavras-chave: Avaliação, desempenho e monitores diagnósticos.

Abstract: Radiologically, the image quality is the accuracy of the representation of the patient's anatomy. Considering the importance of the performance of the monitors to the overall effectiveness of a practice of diagnostic imaging, the objective of this study is to evaluate the performance of diagnostic monitors in use, using the method described in the report 03 of the AAPA and Spanish protocol, using calibrated instrumentation traceable to NIST and to RBC. The results of the monitors evaluated to date show 100% compliance for geometric distortion tests and internal reflection and 0% compliance to the dependence of luminance test.

Keywords: Evaluation, performance and diagnostics monitors.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente digitalização de imagens médicas de radiodiagnóstico e a prática da telerradiologia a utilização de monitores de exibição de imagens médicas tornou-se uma ferramenta indispensável na prática médica. Considerando a importância da qualidade da

imagem no monitor para a eficácia global de uma prática de diagnóstico por imagem, é necessário assegurar que estes dispositivos não comprometam a qualidade da imagem. Dessa forma, diversos países tem adotado normas e protocolos (AAMP, 2005; ACR, 2014; DIN, 2000; IPEM, 2005; JESRA, 2005; SEFM; SEPR;

SERAM, 2011) para verificar o desempenho dos monitores de imagens médicas.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não considera os monitores de exibição de imagens médicas como produto para saúde, apenas como acessório. Atualmente, não existem dados confiáveis referente a quantidade e ao uso deles no país. Entretanto, segundo o último levantamento (2012) do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) do Ministério da Saúde, existem no Brasil 73.386 equipamentos de imagem (Mamógrafos, Raios X, Tomógrafos e Ressonâncias Magnéticas), sendo destes 4410 da Bahia e 1564 em Salvador. Apesar de não existir uma relação direta entre o número de equipamentos de imagens e o número de monitores diagnósticos usados é válido ressaltar que com o avanço da tecnologia digital e o aumento da prática da telerradiologia no Brasil, é crescente o uso de equipamentos que utilizam monitores para laudo (NOBRE; VON WANGENHEIM, 2006).

A qualidade da imagem exibida está associada a segurança do paciente. Uma imagem ruim, ainda que não represente risco direto ao paciente, pode produzir grandes danos, seja pela falta de identificação de um problema de saúde, ou pela visualização de um elemento inexistente. Imagens que apresentam baixo desempenho em parâmetros fundamentais como distorção geométrica, resposta de luminância e resolução de imagem ou ruído podem levar a erros de diagnóstico em imagens radiológicas, como acontecem em mamografias ou radiografias de tórax, por exemplo (NOBRE; VON WANGENHEIM; MARQUES, 2012).

Apesar da existência de protocolos e normas internacionais para avaliação da qualidade dos sistemas de exibição de imagens médicas, no Brasil, não existe qualquer norma ou indicação para a avaliação de monitores durante o uso. Em anexo único, a Resolução do Conselho Federal de Medicina CFM n. 1890/2009, que trata da

telerradiologia e o seu regulamento, somente apresenta requisitos para o uso de monitor específico em mamografia digital, deixando ausente outros detalhamentos técnicos sobre a temática.

Dessa forma, como se desconhece a realidade existente no país quanto à segurança e qualidade de imagem exibida nesses equipamentos, faz-se necessário a avaliação dos monitores de exibição de imagens médicas em uso, visando identificar se o desempenho dos mesmos está em conformidade com o preconizado pelo no report 03 (AAMP, 2005) e pelo protocolo espanhol de controle de qualidade SEFM; SEPR; SERAM (2011).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, através de amostragem aleatória simples, foram avaliados até o momento, 10 monitores diagnósticos (primários) utilizados para visualização de imagens em radiologia, que utilizam a tecnologia LCD e LED, de 2 importantes instituições de saúde da cidade de Salvador.

Para a avaliação do desempenho dos monitores diagnósticos utilizou-se metodologia, equipamentos, imagens padrão e critérios de conformidade, com os descritos no Report 03 (AAMP, 2005) e do Protocolo Espanhol de Controle de Qualidade em Radiodiagnóstico (SEFM; SEPR; SERAM, 2011), onde foram avaliados em testes qualitativos e/ou quantitativos dos parâmetros fundamentais para a qualidade da imagem nesses equipamentos, ver resumo dos testes feitos no quadro 1.

O Report 03 (AAMP, 2005) é o protocolo mais amplo, aceito e utilizado pela a comunidade científica. Este protocolo utiliza um conjunto de imagens padrão específicas, denominadas como TG18-QC, TG18-AFC, TG18-LN, TG18-UN, TG18-UNL entre outras, que são utilizadas em verificações qualitativas e quantitativas de parâmetros fundamentais de qualidade da

imagem na avaliação dos monitores de exibição de imagens médicas.

Uma vez que, alguns dos testes quantitativos propostos pelo report 03 da AAMP são demasiadamente complexos e demandam equipamentos caros para sua execução, em 2011, a Sociedade Espanhola de Radiologia Médica (SERAM) junto com a Sociedade Espanhola de Proteção Radiológica (SEPR) e Sociedade Espanhola de Física Médica (SEFM) elaboram o Protocolo Espanhol de Controle de Qualidade em Radiodiagnóstico, o qual no seu capítulo referente a avaliação da qualidade dos monitores trás todos os testes do report 03 da AAMP com algumas adaptações para os testes quantitativos mais complexos, afim de torná-los menos impraticáveis para um ambiente clínico.

Nas avaliações quantitativas, as medidas de iluminância e luminância, foram realizadas com o fotômetro Mavolux 5032B USB. Este equipamento possui erros de calibração <3% para a grandeza de iluminância e luminância, com rastreabilidade a Rede Brasileira de Calibração (RBC) e ao National Institute of Standards and Technology (NIST) e erro de resposta espectral fotóptica padrão da Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) <3%. Esse equipamento possui sistema de mudança de escala automática e faixa de medição de 0,01 a 199.000 lux e 0,1 a 1.999.000 cd/m²

Para as medidas dimensionais foi utilizado o paquímetro Universal Starret série 125 de 300 mm com erro de calibração de 0,05 mm.

Os instrumentos de medição foram montados com ajuda de fixadores, de forma a ser evitado o movimento dos medidores.

Antes das avaliações foi realizada a limpeza da tela e assegurado o tempo de estabilização eletrônica (30 minutos) dos monitores.

Quando os monitores permitam ajuste manual de brilho utilizou-se o procedimento descrito na subseção 3.4.5. Minimum and Maximum Luminance Settings do report 03 da AAMP, o

qual resumidamente estabelece que através da imagem padrão TG18-QC o usuário utilizando os controles, deve ajustar o contraste e brilho para o mínimo, a fim de encontrar a luminância mínima apresentada pelo monitor (tela preta). Posteriormente, o usuário deve ir aumentando gradualmente os controles de contraste e brilho até que a máxima luminância seja exibida sem causar artefatos ou borramentos na imagem padrão. Todas as avaliações foram realizadas em horário de baixo movimento ou fora do horário de trabalho dos serviços

Para o tratamento de dados, utilizou-se o software IBM SPSS da versão 14, empregando-se o test t de Student para uma amostra. Para a análise de significância estatística, utilizou-se como valor de referência: $\alpha > 0,05$ não existe significância $\alpha \leq 0,05$ existe significância.

3. RESULTADOS

Na figura 1 é apresentado o gráfico com o resultado global do desempenho dos monitores diagnósticos avaliados com todos os testes realizados e as respectivas taxas de conformidade dos monitores com os critérios estabelecidos no Report 03 da AAMP e pelo protocolo espanhol de controle de qualidade.

Dos monitores avaliados, 100% da amostra apresentou conformidade nos testes de distorção geométrica (qualitativo e quantitativo), e reflexão interna (qualitativo).

Nenhum monitor apresentou conformidade no teste de dependência da luminância (qualitativo). Em todos, houve a falta das marcações de identificação dos ângulos limites de visualização das imagens.

A fim de facilitar o entendimento, os resultados dos testes quantitativos de cada parâmetro avaliado, são apresentados na tabela 1.

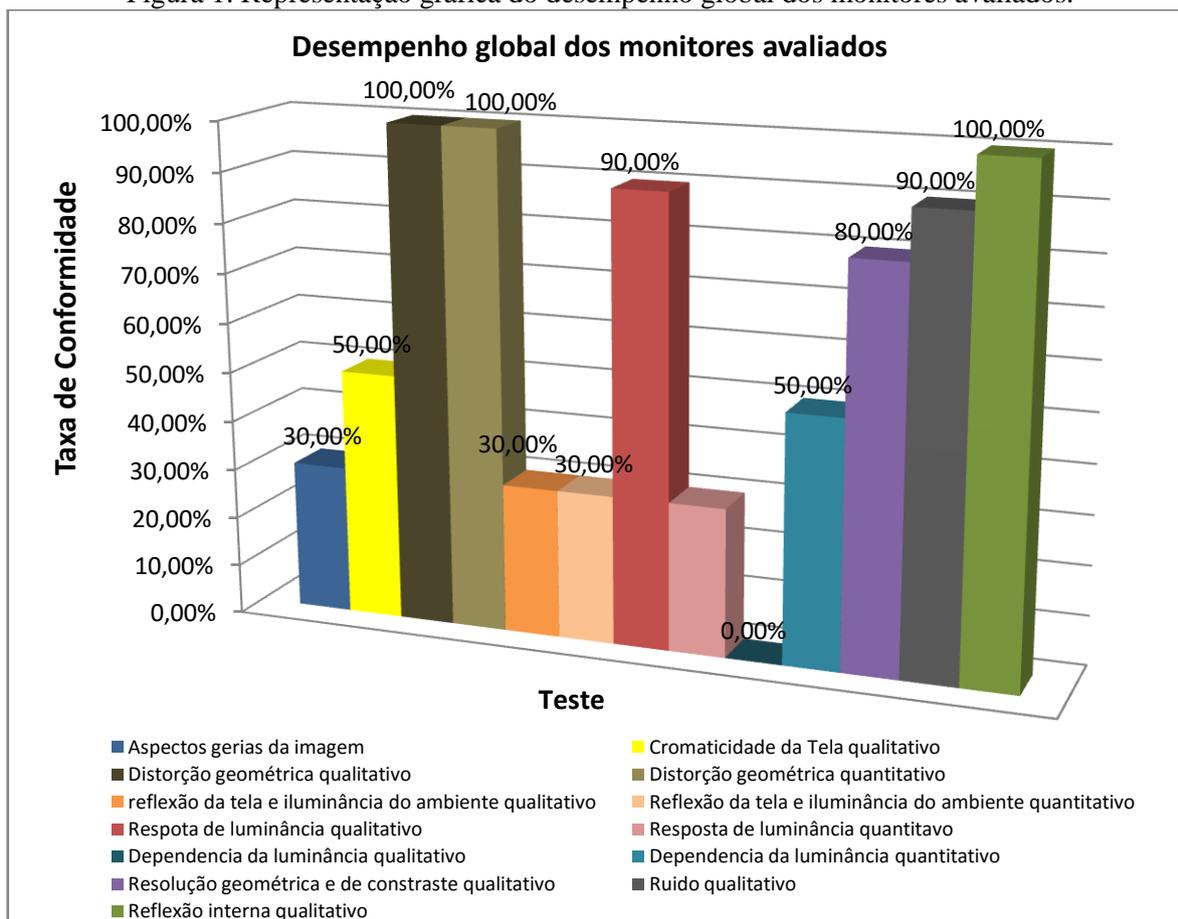
É válido ressaltar que a maioria dos monitores radiológicos apresentavam graus de sujeira visualmente significativo, antes da realização dos ensaios.

Quadro 1. Testes, Equipamentos, imagens padrão e critérios de conformidade utilizados na avaliação do desempenho dos monitores

Teste	Imagem padrão	Equipamentos	Critério de conformidade	
Aspectos gerais da qualidade da imagem	TG18-CQ		Qualitativo	Não existência de pixels defeituosos, artefatos, distorções ou perda de contraste na visualização da imagem padrão
Distorção geométrica	TG18-CQ	Paquímetro	Qualitativo:	Bordas possuem linhas horizontais e verticais completamente retas e apresentação da imagem centralizada do padrão
			Quantitativo:	Distorção $\leq 2\%$ para monitores diagnósticos
Reflexão da tela e Iluminação da sala	TG 18 AD	Fotômetro	Qualitativo:	A presença de fontes de luz ou pontos de luz refletida na tela não são detectadas no campo de visão do usuário na visualização da imagem padrão
			Quantitativo:	Iluminância ambiente < 25 lx para monitores que exibem imagens de raios X geral < 15 lx para mamografia Luminância mínima é ≥ 4 Luminância do ambiente.
Resposta de Luminância	TG18-TC,	Fotômetro	Qualitativo:	A aparência do padrão de teste TG18-TC deve demonstrar claramente o alvo de baixo contraste em cada uma das regiões 16.
	TG18-MP,		Qualitativo:	A localização relativa das bandas de contorno e níveis de luminância não deve ser mais do que a distância entre os marcadores.
	TG18-LN-01 a TG18-LN-18		Quantitativo:	Razão de Luminância ≥ 250 Variação de luminância entre monitores de uma mesma estação $\leq 10\%$ e $\leq 5\%$ para mamografia. Desvio da resposta de contraste DICOM GSDF $\leq 10\%$
Dependência de Luminância	TG UNL 10, TG 18 UNL 80	Fotômetro	Qualitativo:	Os padrões devem ser livres de não uniformidades brutas do centro para as bordas. Variações de luminância com dimensões na ordem de 1 cm ou maiores não devem ser observadas
	TG18-TC TG18-LN-01 e TG18-LN-18		Quantitativo:	Os limites de ângulos de visão devem ser claramente identificados na parte frontal do dispositivo de exibição A não a uniformidade da luminância: $200 * (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min}) < 0,3$.
Resolução espacial e de baixo contraste	TG18-CQ	Lupa	Qualitativo:	As linhas horizontais e verticais dos padrões de pares de linha do da imagem padrão devem ser perceptíveis em todos os locais e para todas as direções. Os escore do CX devem estar entre 0 e 4. O brilho médio da escalas de cinza (5% a 100%) exibidas no centro do padrão é visualmente, distinguível.
Ruído	TG18-AFC		Qualitativo:	A imagem deve mostrar facilmente os objetos de em pelo menos 3 quadrantes do padrão.
Velamento por reflexão interna	TG18-GV e TG18GVN	Máscara de colimação	Qualitativo:	Pelo menos três objetos de contraste do padrão devem ser visíveis.
Cromaticidade da tela	TG18 UN80		Qualitativo:	Para dispositivos da mesma estação de trabalho, não deve haver diferença de percepção significativa para cada uma das telas dos monitores diagnósticos.

Fonte: Adaptado AAMP;2005

Figura 1. Representação gráfica do desempenho global dos monitores avaliados.



Fonte: Dados do estudo

Tabela 1. Resumo dos resultados quantitativos nos monitores diagnósticos

Testes	Parâmetro	Valor de referência	Valor médio	Desvio padrão	Diferença entre o valor médio e o valor de referência	Significância estatística
Distorção geométrica	% de distorção	<2,00%	0,37%	0,14%	1,63%	$\alpha= 0,001$
Reflexão da tela e iluminância do ambiente	Iluminância da sala	<15,0 lx*	26,5 lx	4,8 lx	11,5 lx	$\alpha= 0,04$
	$L_{\text{máx}}$	>170 cd/m ²	260,7 cd/m ²	42,4 lx	90,7	$\alpha= 0,061$
	Razão de luminância	≥ 250	1062	121	812	$\alpha= 0,001$
Resposta de luminância	Desvio da resposta de contraste DICOM GSDF	$\leq 10\%$	15,8%	2,2%	5,8%	$\alpha=0,029$
	Variação de luminância entre monitores de uma mesma estação.	$\leq 5\%^*$	9,8%	1,9%	4,76 %	$\alpha=0,034$
Dependência de luminância	Não uniformidade da luminância no monitor	<30%	16,5%	5,3%	13,6%	$\alpha= 0,033$

* Valor de referência utilizado para faixa de monitores que exibem mamografia

Fonte: Dados do estudo

4. DISCUSSÃO

Na literatura existem poucos estudos sobre a avaliação do desempenho dos monitores médicos, e destes, a maioria se refere apenas a avaliação no teste de aceitação de uma única instituição ou só cobrem um ou dois testes na avaliação de desempenho dos mesmos. No Brasil foi identificado um estudo de avaliação dos monitores em uso (DUARTE, 2008), realizado no Rio Grande do Sul, o qual mostrou que todos os 6 monitores avaliados apresentaram valores de luminância máxima e mínima inferiores quando comparados aos fornecidos pelo fabricante e sugere que os monitores podem sofrer degradações com o passar do tempo.

O teste de aspectos gerais da imagem é um teste de rápido e de rotina que, idealmente, deve ser realizado diariamente. Esse teste avalia superficialmente diversos parâmetros da qualidade da imagem. Nessa amostra, apenas 30% dos monitores avaliados apresentaram conformidade com esse teste. Verificou-se que todos os monitores não conformes, apresentavam problemas na exibição de baixo contraste, pois estes não conseguiam exibir todas as letras que estão na imagem padrão TG-18QC, da AAMP. Estes mesmos monitores apresentavam não conformidade no parâmetro de desvio da resposta de contraste (DICOM GSDF), o que sugere que existe uma correlação entre esses testes. Esse resultado é importante porque a utilização diária desse teste rápido pode indicar, mesmo que superficialmente, um problema de resolução de baixo contraste que é um parâmetro crítico na qualidade da imagem.

Os resultados dos testes das distorções geométricas encontrados nesse estudo corroboram com o de outros estudos encontrados na literatura (RIBEIRO; APARECIDA; FURQUIM, 2010) que sugerem que a tecnologia de matriz fixa, utilizadas em monitores LCD

minimizam as deformações geométricas das imagens exibidas.

É importante salientar que nos testes reflexão da tela e iluminância do ambiente, todos monitores não conformes (70% da amostra) apresentaram reflexos de pontos e ou fontes de luz na tela e os valores de iluminância da sala encontrados foram significativamente maiores do que o valor recomendado, o que indica que estes monitores não foram instalados em local adequado e/ou que as especificidades necessárias a uma sala de laudos não foram consideradas no cálculo luminotécnico do ambiente

A ausência de marcações com a identificação dos ângulos limites de visualização das imagens no teste de dependência da luminância sugere que, pelo menos, nesse parâmetro os monitores avaliados não passaram por um teste de aceitação que fomentasse uma linha de base.

O excesso de sujidade encontrado nas telas dos monitores pode influenciar na clareza da visualização das imagens por parte do radiologista, e sugerem que nas instituições que participaram desse estudo não existem ou são inadequados os atuais procedimentos internos para a limpeza dos monitores radiológicos.

Até onde se conseguiu verificar na literatura, esse é o primeiro estudo que mostra que existem monitores diagnósticos sendo usados em Salvador, sem verificações rotineira dos aspectos gerais da imagem, em salas com elevada iluminação, com elevadas sujidades nas telas e a não implantação ou inadequação dos testes de aceitação. Estes resultados são importantes, pois apresentam esses achados e dão suporte a outros estudos que tenha objetivo avaliar essa tecnologia usada na saúde.

O baixo desempenho encontrado na amostra em mais da metade dos testes de controle de qualidade é preocupante, mas a precisão sobre uma inferência de um resultado global do desempenho dos monitores diagnósticos em uso

na cidade de Salvador pode estar limitada no presente estudo, por este ser um estudo piloto. Uma avaliação mais abrangente sobre o desempenho desses monitores poderia ser mais bem determinada com um aumento no número da amostra e associação com testes anatômicos de controle de qualidade avaliados junto com um radiologista.

5. CONCLUSÃO

De forma geral os monitores não responderam satisfatoriamente na avaliação de desempenho. Este estudo corrobora com a hipótese de que uma implantação sistemática de um programa de controle de qualidade que abranja os monitores diagnósticos teria impacto significativo no desempenho dos mesmos e, conseqüentemente, aprimoraria a exatidão dos diagnósticos e dos serviços prestado pelos profissionais de saúde que atuam diretamente com esses equipamentos.

REFERÊNCIAS

AAMP. Report 03 - Assessment of display performance for medical imaging systems. v. 4095, p. 155, 2005.

ACR. Technical standards for electronic practice of medical imaging. v. 1076, n. Revised 2008, p. 1–18, 2014.

DIN. DIN V 6868-57 - Image Quality Assurance in X-Ray Diagnostics, Acceptance Testing for Image Display Devices. 2000.

DUARTE, C. R. Desempenho de Monitores de Visualização de Imagens Radiológicas por meio de Testes Físicos e Anatômicos. 2008.

IPEM. Recommended Standards for Routine Performance. Testing of Diagnostic X-Ray Systems. 2005.

JESRA. Quality Assurance (QA) Guideline for Medical Imaging Display Systems. 2005.

NOBRE, L. F.; VON WANGENHEIM, A. Telerradiologia: desafios a enfrentar para a quebra de um paradigma na especialidade. *Radiologia Brasileira*, v. 39, n. 6, 2006.

NOBRE, L. F.; VON WANGENHEIM, A.; MARQUES, P. M. D. A. Monitores radiológicos: necessidade ou luxo? *Radiologia Brasileira*, v. 45, n. 4, p. V–VI, 2012.

RIBEIRO, L. D.; APARECIDA, T.; FURQUIM, C. Artigo Original Estudo do desempenho de monitores LCD utilizados em radiologia digital. v. 32, p. 7–12, 2010.

SEFM; SEPR; SERAM. Protocolo Español De Control De Calidad En Radiodiagnóstico. p. 77–132, 2011.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e do Laboratório de Produtos para a saúde do Instituto Federal da Bahia (Labprosaud/IFBA). Agradecimento também a Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública e seu corpo docente.