

ANÁLISE DA VERACIDADE E REPETIBILIDADE DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE RAIOS X

¹Miguel, C., miguel.cristiano@utfpr.edu.br; ²Barros, F. S., saicla@utfpr.edu.br; ³Machado, V., vmachado@utfpr.edu.br; ⁴Tilly, J.G., joao.tilly@derax.com.br

^{1,2,3}Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - Campus Curitiba)

⁴Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (HC - UFPR)

INTRODUÇÃO

Tempo de exposição é a quantidade de tempo que o tubo de raios X emite radiação. É um fator importante para garantia da qualidade da imagem e para limitação da dose ocupacional e do paciente. De acordo com o Vocabulário Internacional de Metrologia 2012, os termos exatidão e reprodutibilidade foram substituídos por veracidade e repetibilidade. Para fazer a avaliação, foram feitas medições em três tempos de exposição de quatro equipamentos de raios X de um hospital de Curitiba, com a finalidade de analisar a veracidade e repetibilidade do tempo de exposição. As faixas de tempo avaliadas foram 0,01, 0,5 e 1,0 segundo. As informações obtidas através das medições foram avaliadas de acordo com o guia Radiodiagnóstico Médico. A verificação da diferença das médias dos tempos de exposição nos equipamentos, foi analisada pelo programa estatístico Minitab. Os resultados dessas verificações demonstram que o desempenho dos equipamentos nas faixas de menor tempo de exposição está fora dos padrões exigidos. A análise estatística demonstrou que existe diferença significativa entre os tempos de exposição dos equipamentos. Este estudo é relevante por descrever o método de aquisição e avaliação dos dados com vocabulário atualizado.

OBJETIVOS

Avaliar estatisticamente os resultados das médias dos tempos de exposição de quatro equipamentos de raios X e analisar a veracidade e repetibilidade do tempo de exposição.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram feitas cinco séries de exposições de maneira aleatória em cada faixa de tempo selecionada, com tensão aplicada de 60 kV, corrente anódica de 200 mA. Os tempos avaliados foram 0,01, 0,5 e 1,0 segundo, usando o cronômetro digital de raios X marca MRA Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda., número de série 03-126, com incerteza de medição avaliada pelo fabricante em 0,002 s. As informações coletadas durante a realização do experimento foram usadas para calcular a veracidade e a repetibilidade do tempo de exposição conforme orienta o guia da ANVISA. Usando as ferramentas estatísticas do programa Minitab, ferramenta Anova, foi feita a análise de variância dos dados e foram gerados gráficos representando os resultados das medições.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características dos equipamentos avaliados segundo sua marca e modelo.

Tabela 1: Equipamentos avaliados.

| IDENTIFICAÇÃO | MARCA E MODELO | CARACTERÍSTICAS |
|---------------|------------------------|--|
| 1 | INTECAL, CR 126/600 | Fabricado em 04/2006, composto por painel de controle com temporizador eletrônico, gerador de alta frequência, tensão máxima 125 kV, corrente anódica máxima 630 mA, tempo de exposição máximo 5 segundos, tempo de exposição mínimo 0,002 segundos. |
| 2 | INTECAL, CR 126/600 | Fabricado em 2005, composto por painel de controle com temporizador eletrônico, gerador de alta frequência, tensão máxima 125 kV, corrente anódica máxima 630 mA, tempo de exposição máximo 5 segundos, tempo de exposição mínimo 0,002 segundos. |
| 3 | VMI, COMPACTO PLUS 500 | Fabricado em 2003, composto por painel de controle com temporizador eletrônico, gerador de alta frequência, tensão máxima 125 kV, corrente anódica máxima 500 mA, tempo de exposição máximo 10 segundos, tempo de exposição mínimo 0,005 segundos. |
| 4 | VMI, COMPACTO PLUS 500 | Fabricado em 2009, composto por painel de controle com temporizador eletrônico, gerador de alta frequência, tensão máxima 125 kV, corrente anódica máxima 500 mA, tempo de exposição máximo 10 segundos, tempo de exposição mínimo 0,01 segundos. |

A Tabela 2 mostra os resultados e a avaliação das medições de veracidade e repetibilidade do tempo de exposição para cada equipamento avaliado.

Tabela 2: Resultado e avaliação das medições de veracidade e repetibilidade do tempo de exposição.

| EQUIPAMENTO AVALIADO | TEMPO NOMINAL (S) | MÉDIA DAS LEITURAS (S) | VARIÇÃO DA VERACIDADE (%) | RESULTADO DA VERACIDADE | VARIÇÃO DA REPETIBILIDADE (%) | RESULTADO DA REPETIBILIDADE |
|----------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0,01 | 0,015 | -58,00 | NAO CONFORME | 6,45 | CONFORME |
| | 0,5 | 0,507 | -1,48 | CONFORME | 0,20 | CONFORME |
| | 1,00 | 1,012 | -1,24 | CONFORME | 0,10 | CONFORME |
| 2 | 0,01 | 0,013 | -34,00 | NAO CONFORME | 7,41 | CONFORME |
| | 0,5 | 0,207 | 58,52 | NAO CONFORME | 193,76 | NAO CONFORME |
| | 1,00 | 0,258 | 74,18 | NAO CONFORME | 122,03 | NAO CONFORME |
| 3 | 0,01 | 0,018 | -80,00 | CONFORME | 0,00 | CONFORME |
| | 0,5 | 0,508 | -1,60 | CONFORME | 0,00 | CONFORME |
| | 1,00 | 1,008 | -0,86 | CONFORME | 0,10 | CONFORME |
| 4 | 0,01 | 0,019 | -92,50 | NAO CONFORME | 5,13 | CONFORME |
| | 0,5 | 0,516 | -3,35 | CONFORME | 0,39 | CONFORME |
| | 1,00 | 1,025 | -2,48 | CONFORME | 0,10 | CONFORME |

As Tabelas 3 a 5 apresentam os resultados baseados na análise de variância para os diversos tempos de exposição, considerando 99% de significância.

Tabela 3: Análise de variância para o tempo de exposição de 0,01 segundo, com 99% de significância.

| FONTE DE VARIÇÃO | SOMA DOS QUADRADOS | GRAUS DE LIBERDADE | MÉDIA DOS QUADRADOS | F | F0 | P-valor | α |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|--------|---------|----------|
| Tempo de exposição | 0,000098 | 3 | 0,0000327 | 5,292 | 186,67 | 0,000 | 0,01 |
| Erro | 0,0000028 | 16 | 0,0000002 | | | | |
| Total | 0,0001008 | 19 | | | | | |

Tabela 4: Análise de variância para o tempo de exposição de 0,5 segundo, com 99% de significância.

| FONTE DE VARIÇÃO | SOMA DOS QUADRADOS | GRAUS DE LIBERDADE | MÉDIA DOS QUADRADOS | F | F0 | P-valor | α |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|-------|---------|----------|
| Tempo de exposição | 0,3453 | 3 | 0,1151 | 5,292 | 10,18 | 0,001 | 0,01 |
| Erro | 0,1810 | 16 | 0,0113 | | | | |
| Total | 0,5263 | 19 | | | | | |

Tabela 5: Análise de variância para o tempo de exposição de 1,0 segundo, com 99% de significância.

| FONTE DE VARIÇÃO | SOMA DOS QUADRADOS | GRAUS DE LIBERDADE | MÉDIA DOS QUADRADOS | F | F0 | P-valor | α |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|--------|---------|----------|
| Tempo de exposição | 2,15043 | 3 | 0,71681 | 5,292 | 107,73 | 0,000 | 0,01 |
| Erro | 0,10646 | 16 | 0,00665 | | | | |
| Total | 2,25688 | 19 | | | | | |

As Figuras 1 a 3 demonstram os gráficos que relacionam o tempo de exposição em função do equipamento avaliado.

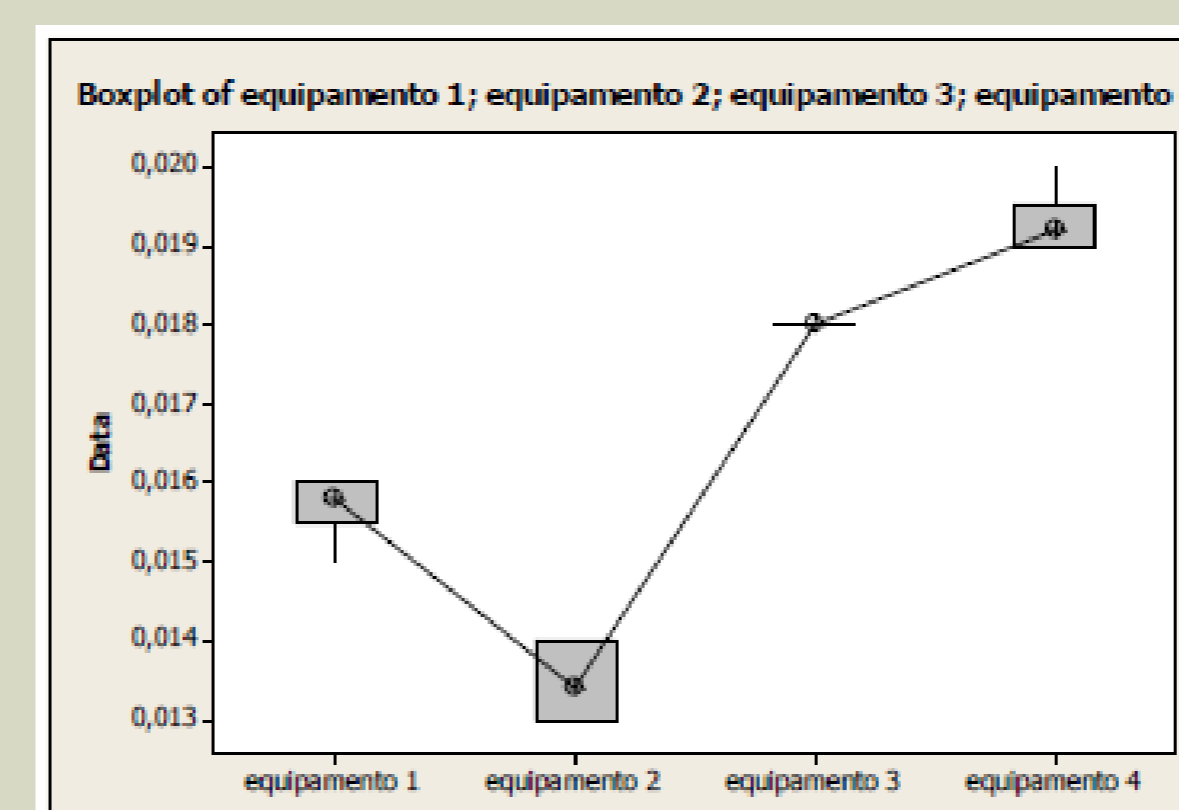


Figura 1 - Gráfico do tempo de exposição de 0,01 segundo em função do equipamento.

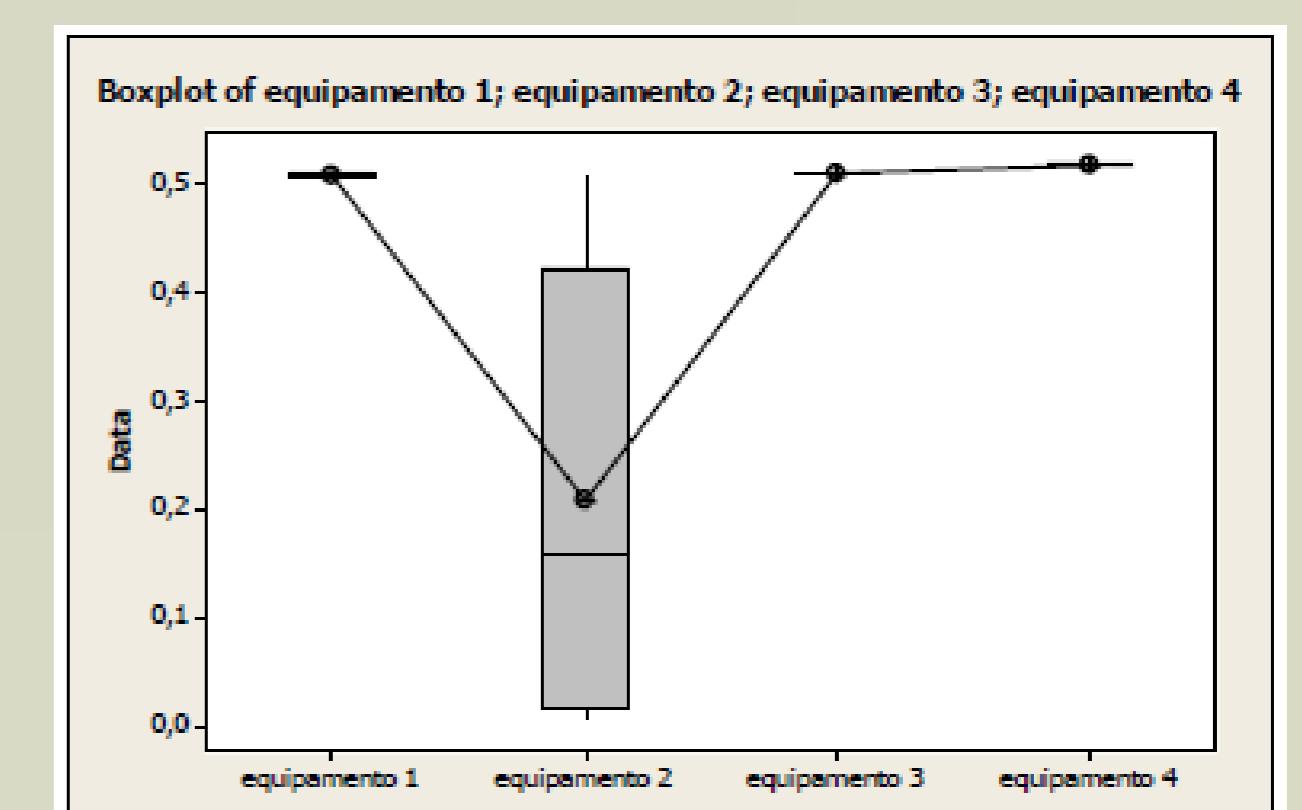


Figura 2 - Gráfico do tempo de exposição de 0,5 segundo em função do equipamento.

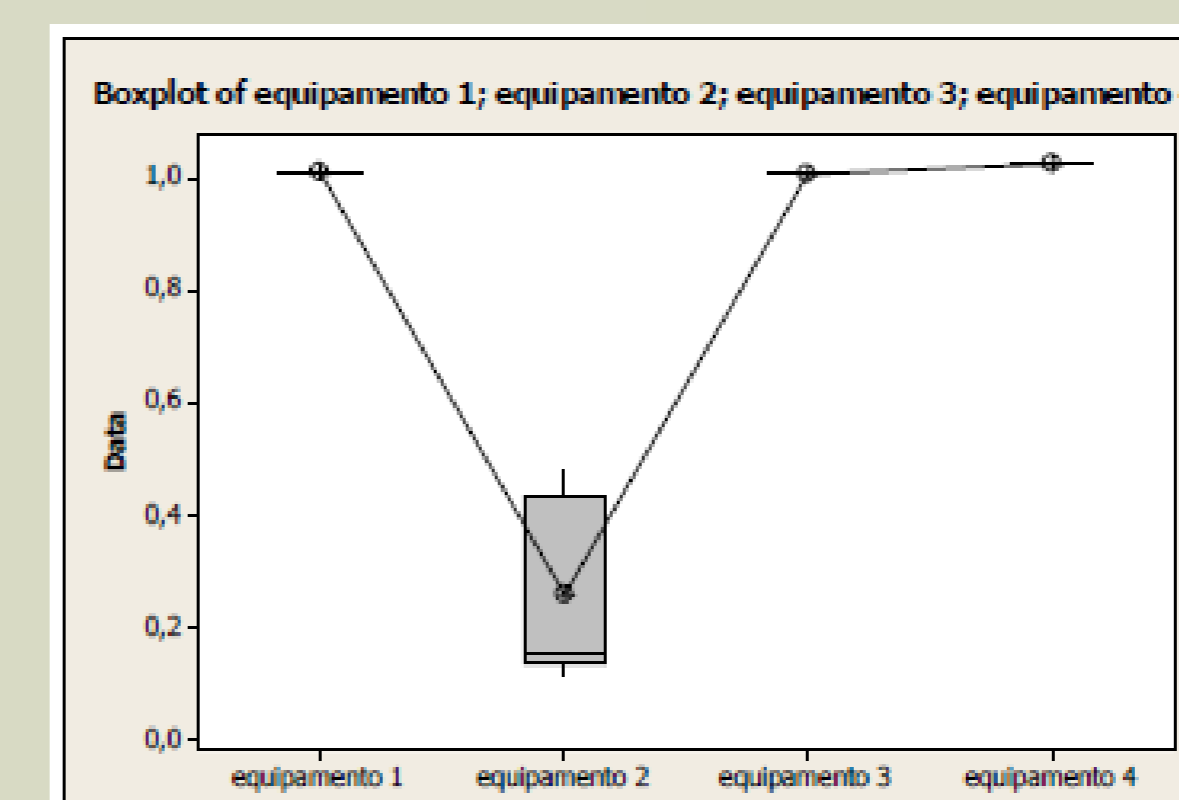


Figura 3 - Gráfico do tempo de exposição de 1,0 segundo em função do equipamento.

CONCLUSÕES

Todos os equipamentos avaliados apresentam veracidade não conforme segundo a norma, na faixa de tempo mais baixa avaliada de 0,01 segundos;

Os equipamentos 1, 3 e 4 apresentaram veracidade conforme a norma, nas faixas de 0,5 e 1,0 segundo;

Os equipamentos 1, 3 e 4 apresentaram repetibilidade conforme segundo a norma, em todas as faixas selecionadas;

Foi identificado que o equipamento 2 apresenta problemas de calibração o que compromete tanto a sua repetibilidade como a sua veracidade.

Pela análise de variância é possível excluir a igualdade das médias dos tempos de exposição dos quatro equipamentos avaliados, com nível de significância de 99%, ou seja, é possível concluir que existem diferenças significativas entre os tempos de exposição dos equipamentos analisados, levando em consideração que o P-valor é menor do que alfa em todas as avaliações. Portanto, os equipamentos apresentam diferenças significativas entre si com relação aos tempos de exposição avaliados.

REFERÊNCIAS

- YACOVENCO A.A., et. al. *Proposta de Regulamentação da Proteção Radiológica do Paciente em Radiodiagnóstico* PEB/COPPE/UFRJ, CETRE do BRASIL - Rio de Janeiro, Brasil.
- YACOVENCO A.A., *Programa de Garantia da Qualidade em Radiologia Diagnóstica*, Tese de Mestrado, PEN/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil (1995).
- CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, *normalização e qualidade industrial, Diretrizes estratégicas para a metrologia brasileira 2008 - 2012* - Rio de Janeiro, Brasil (2008).
- TILLY Jr, J. G., *Física Radiológica*, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil (2010).
- BUSHONG, S. C., *Ciência Radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção*; tradução Dolghi, S. M. et al., Elsevier, Rio de Janeiro, Brasil (2010).
- BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Portaria 453 (1998).
- BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Radiodiagnóstico médico: Desempenho de equipamentos e segurança, Brasília, Brasil (2005).
- BRASIL, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro, Portaria n.º 232/2012, Vocabulário Internacional de Metrologia - conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012).
- "Análise de variância," <http://www.est.utfpr.br/ce003/material/cap7.pdf> (2012).