

CONTROLO DE QUALIDADE DE EQUIPAMENTOS DE RADIODIAGNÓSTICO DENTÁRIO

Gomes, P., Cardoso, J., Medina, J.

Labmetro Saúde do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ)

RESUMO

O Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto, obriga que os equipamentos de radiodiagnóstico sejam sujeitos a um controlo de qualidade periódico de forma a garantir a produção consistente de informação de diagnóstico adequada, com um mínimo de exposição tanto dos utentes como do pessoal. Este controlo compreende os testes do Anexo IV do diploma supracitado, entre outros decorrentes da constante evolução tecnológica destes equipamentos. Neste trabalho apresentam-se os métodos de medição utilizados no controlo de qualidade de equipamentos de radiologia intra-oral, assim como as respectivas melhores incertezas para um intervalo de confiança de, aproximadamente, 95%. Obtêm-se assim, para os seguintes testes, as incertezas expandidas U : Diâmetro do campo de radiação e distância foco-pele [$U=0,1$ cm]; exactidão de kV [$U=2,5\%$]; exactidão dos tempos de exposição [$U=0,6\%$]; filtração total [$U=11,6\%$ ou $0,23$ mm Al]; emissão de radiação a 1 m por mAs, dose de referência a pacientes em condições *standard* [$U=6,0\%$] e radiação de fuga da cúpula da ampola de raios X [$U=12\%$].

1. Introdução

1.1. Distância foco-pele

A distância foco-pele (FSD) é obtida medindo a distância entre o foco e a extremidade do aplicador do feixe, recorrendo a uma escala graduada [1].



Fig 1. Medição da distância foco-pele.

1.2. Campo de radiação

O campo de radiação é obtido no Labmetro Saúde do ISQ colocando em contacto a extremidade do aplicador do feixe com uma película radiocrómica XRQA2 da marca ISP, sensível à radiação. O diâmetro do campo de radiação é então obtido por medição directa utilizando uma escala graduada [1].



Fig 2. Medição do diâmetro do campo de radiação.

1.3. Tensão (kV), tempo de exposição, emissão de radiação a 1 m por unidade de carga (mAs) e filtração total

O controlo destes parâmetros é realizado recorrendo a multímetros de radiação, nomeadamente, o multímetro Unfors Xi Platinum Plus. O campo de radiação é devidamente alinhado com o detector por intermédio de um posicionador que mantém fixa a distância foco-detector.



Fig 3. Medição de kV, dose, tempo e filtração total utilizando o multímetro Unfors Xi Platinum Plus.

É seleccionado no equipamento de raios X a tensão (kV), a miliamperagem (mA) e os tempos de exposição utilizados na prática, sendo que nos equipamentos de raios X intra-orais, normalmente, kV e mA são fixos.



Fig 4. Temporizadores (70 kV e 8 mA fixos).

Por conseguinte, realiza-se uma série de 5 medições para cada parâmetro, obtendo-se, por leitura directa, os valores da tensão (em kV), dose (em mGy), tempo (em s) e filtração (em mm de Al) [1].

A emissão de radiação a 1 m por mAs é por conseguinte calculada para 1 m com base lei do inverso do quadrado da distância através da dose medida à distância foco-detector, dividida pelo produto do valor nominal de mA pelo tempo de exposição correspondente:

$$\text{Emissão de radiação a 1m por mAs} = \frac{\text{Dose à distância foco - detector} \times \text{distância foco - detector}^2 \times 1000}{\text{mA} \times \text{tempo de exposição}}$$

em unidades de $\mu\text{Gy/mAs}$ [1].

O valor da filtração total pode obter-se ainda por intermédio de filtros de alumínio, caso se utilizem multímetros como o Unfors Mult-O-Meter 512L, onde a espessura semi-redutora (HVL) é calculada com base na expressão:

$$HVL = \frac{x_a \cdot \ln\left(2 \cdot \frac{D_d}{D_o}\right) - x_d \cdot \ln\left(2 \cdot \frac{D_a}{D_o}\right)}{\ln\left(2 \cdot \frac{D_d}{D_a}\right)},$$

onde D_o é a dose medida sem filtro, D_a é a dose medida através

de uma espessura x_a de alumínio e D_d é a dose medida através de uma espessura x_d de alumínio, imediatamente antes e depois da dose D_o se reduzir a metade, respectivamente [1].

1.4. Dose de referência a pacientes em condições *standard*

A dose de entrada na pele (DEP) é obtida através da dose medida à distância foco-detector, recalculada para a distância foco-pele com base na lei do inverso do quadrado da distância, multiplicada pelo factor de retrodispersão (BSF) na água para a geometria e qualidade da radiação utilizada:

$$DEP = BSF \cdot \text{Dose à distância foco - detector} \cdot \frac{\text{distância foco - detector}^2}{\text{distância foco - pele}^2},$$

sendo que em

radiodiagnóstico intra-oral $BSF = 1.1$ [2].

1.5. Radiação de fuga

O valor máximo de radiação de fuga da cúpula da ampola de raios X é obtido bloqueando o colimador, por exemplo, com um avental de chumbo, e medindo com um monitor de radiação a 1 m do ponto focal o débito de dose à carga máxima (mAs) especificada pelo fabricante [1].

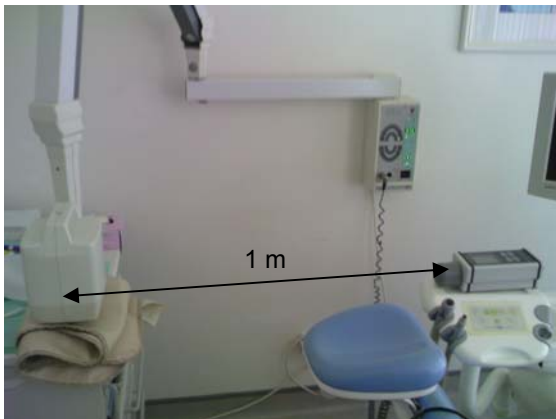


Fig 5. Medição da radiação de fuga.

1.6. Qualidade de imagem

A qualidade de imagem é por sua vez avaliada recorrendo a fantasmas, como o fantoma Digitest II, que permite avaliar a existência de artefactos, a homogeneidade da imagem, a resolução espacial ou de alto contraste, que se traduz na contagem de pares de linhas por mm e a resolução de baixo contraste, que se traduz na contagem de um conjunto de círculos de 4 com diferentes diâmetros [1].

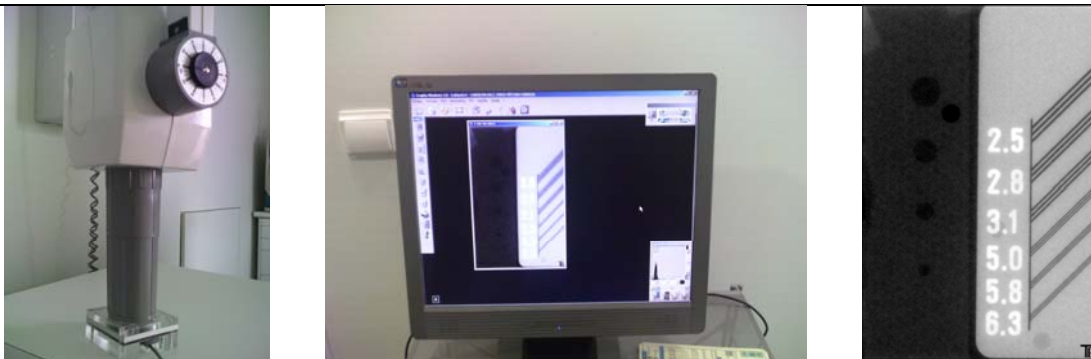


Fig 6. Avaliação da qualidade de imagem.

1.7. Negatoscópio

Nas unidades onde se utilizem filmes intra-orais, a luminância do negatoscópio é medida no Labmetro Saúde com recurso a um luminâncímetro / luxímetro, assim como a iluminância de fundo da sala a 1 m de distância do negatoscópio [1].

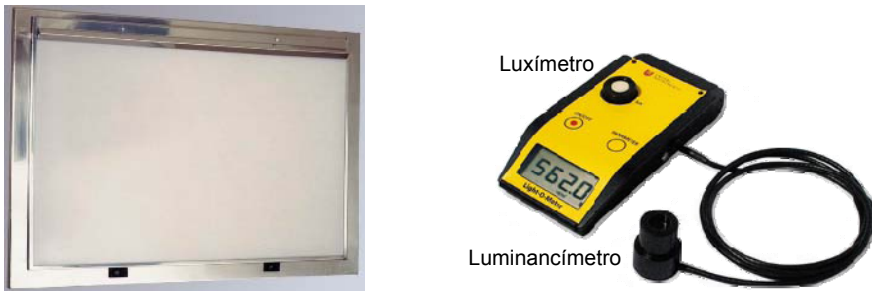


Fig 7. Luminancímetro / luxímetro Unfors Light-O-Meter P11p.

2. Resultados

Os resultados obtidos são então confrontados com as respectivas tolerâncias apresentadas no anexo IV do Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto, cuja conformidade é impreterível para o licenciamento destes equipamentos pela Direcção-Geral da Saúde. No sentido de se acompanhar a constante evolução tecnológica destes equipamentos, o Labmetro Saúde avalia ainda os demais critérios adicionais constantes na literatura [2]:

Parâmetros Geométricos	Tolerâncias	Melhor incerteza (k=2)
Distância foco-pele mínima [2] e [3]	≥ 20 cm para $kV_p > 60$ kV [2] e [3] ≥ 10 cm para $kV_p \leq 60$ kV [2] e [3]	$\pm 0,1$ cm [1]
Tamanho do campo na extremidade do aplicador [2] e [3]	≤ 6 cm [2] e [3]	

As maiores fontes de incerteza associadas aos parâmetros geométricos compreendem o EMA da escala graduada e a respectiva resolução.

Qualidade da Radiação	Tolerâncias	Melhor incerteza (k=2)
Filtração total [2] e [3]	$\geq 1,5$ mm Al para $kV_p \leq 70$ kV [2] e [3] $\geq 2,5$ mm Al para $kV_p > 70$ kV [2] e [3]	$\pm 11,6\%$ ou $0,23$ mm Al [1]
Tensão mínima [2] e [3]	50 kV [2] e [3]	$\pm 1,3$ kV [1]
Exactidão da tensão [2] e [3]	$< \pm 10\%$ [2] e [3]	$\pm 2,5\%$ [1]
Precisão da tensão [3]	$< 5\%$ [3]	

Tempo de exposição	Tolerâncias	Melhor incerteza (k=2)
Exactidão do tempo de exposição [2] e [3]	< ± 20% [2] e [3]	± 0,6% [1]
Precisão do tempo de exposição [2] e [3]	< 10% [2] e [3]	

As maiores fontes de incerteza associadas à medição da tensão, filtração total e tempo de exposição compreendem a tolerância do equipamento (para kV, HVL e tempo), a resolução de leitura (para kV, HVL e tempo) e a dispersão de leituras (de kV, HVL e tempo).

Emissão de radiação	Tolerâncias	Melhor incerteza (k=2)
Valor da emissão de radiação [2] e [3]	Entre 30-80 µGy/mAs a 1 m para tensões entre 50-70 kV [2] e [3]	± 6,0% [1]
Precisão da emissão de radiação [3]	< ± 20% [3]	
Variação da emissão com mudanças do tempo de exposição (linearidade da emissão) [2]	< 0,1 [2]	

As maiores fontes de incerteza associadas à medição da emissão de radiação a 1 m por unidade de carga compreendem a tolerância do equipamento (para dose), a resolução de leitura (para dose), a dispersão de leituras (de dose), a influência da pressão, temperatura e da retrodispersão e as incertezas expandidas associadas à medição do tempo de exposição e distância foco-detector.

Dose de referência a um paciente em condições <i>standard</i> (70 kg de peso e 1,70 m de altura)	Tolerância	Melhor incerteza (k=2)
Dose no ar à entrada com retrodispersão (dentes em filme intra-oral) [2]	< 7 mGy [2]	± 6,0% [1]

Na medição da dose de referência a um paciente em condições *standard* são consideradas as mesmas fontes de incerteza associadas à medição da emissão de radiação a 1 m por mAs, em adição com a incerteza expandida associada à medição da distância foco-pele.

Radiação de fuga	Tolerância	Melhor incerteza (k=2)
Valor da radiação de fuga à carga (mAs) máxima especificada pelo fabricante [2] e [3]	≤ 0,25 mGy/h a 1 m [1]	± 12% [1]

As maiores fontes de incerteza associadas à medição da radiação de fuga compreendem a tolerância do equipamento (para débito de dose), a resolução de leitura (para débito de dose), a dispersão de leituras (de débito de dose), a influência da pressão, temperatura e da retrodispersão e a deriva do monitor de radiação.

Negatoscópio	Tolerâncias	Melhor incerteza (k=2)
Luminância [2] e [3]	≥ 1700 cd/m ² [2] e [3]	± 3,8% [1]
Homogeneidade (falta de) [2] e [3]	< 30% [2] e [3]	
Iluminância ambiental a 1 m [2] e [3]	< 50 lx [2] e [3]	

As maiores fontes de incerteza associadas à medição de luminância e iluminância compreendem a tolerância do equipamento (para luminância e iluminância), a resolução de leitura (para luminância e iluminância) e a dispersão de leituras (de luminância e iluminância).

No que concerne à resolução da imagem obtida, não se encontram estabelecidos critérios para estes equipamentos quer no Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto, quer no Protocolo Espanhol de Controlo de Qualidade em Radiodiagnóstico. No entanto, a conformidade dos parâmetros é garantida caso se consigam resolver 6,3 pl/mm (resolução espacial ou de alto contraste) e visualizar o círculo mais pequeno de Ø 1 mm (resolução de baixo contraste).

Local de disparo	Tolerância
Localização / Comprimento do cabo extensível [2]	Fora da sala ou maior que 2 m [2]

3. Conclusões

Os equipamentos de radiodiagnóstico dentário sofreram uma evolução tecnológica nos últimos anos, sendo que actualmente, coexistem no mercado equipamentos de radiologia intra-oral que trabalham com geradores de alta frequência e equipamentos que trabalham com geradores monofásicos.

Os equipamentos monofásicos emitem radiação em pulsos, de aproximadamente, 20 ms (50 Hz = 1/0,020 s = 1/20 ms):

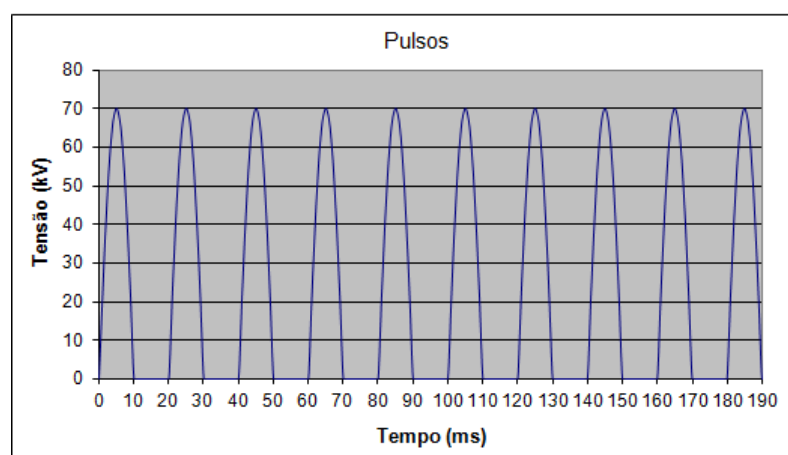


Fig 8. Curva de potencial.

Assim, para estes geradores, a emissão de um pulso a mais ou a menos representa um erro de 20 ms, cujo erro percentual aumenta com a diminuição do tempo de exposição utilizado na prática. Logo, para tempos inferiores a 0,1 s (muito utilizados nos sistemas digitais) um pulso a mais ou a menos representa um erro superior a 20% nos tempos de exposição, colocando-os fora de tolerância apesar da baixa incerteza percentual conseguida:

Tempo nominal	Erro de 1 pulso
1 s	2%
0,6 s	3%
0,4 s	5%
0,2 s	10%
0,1 s	20%
0,08 s	25%
0,04 s	50%

Por outro lado, os primeiros pulsos gerados (3 a 8) são de baixa radiação uma vez que o cátodo não atinge a temperatura de emissão (2700 °C) instantaneamente [2]. A contabilização destes pulsos pelos sistemas de medida desvirtua ainda dos valores reais os resultados de kV e de emissão a 1 m por unidade de carga.

Esta situação é muito comum na prática, tendo-se verificando que os equipamentos intra-orais com geradores monofásicos (ex.: Trophy Irix 70) que utilizam sensores digitais (ex.: RVG[®]), de uso cada vez mais generalizado, estão frequentemente fora de tolerância nos tempos de exposição utilizados (que se apresentam mais baixos comparativamente aos utilizados nos filmes). Por outro lado, têm-se verificado ainda que a linearidade entre a dose e a carga (mAs), a constância da emissão de radiação a 1 m por mAs e a tensão (kV) são também afectadas comparativamente aos resultados que se obteriam com tempos de exposição mais elevados. Esta situação não se verifica porém nos equipamentos mais modernos, com geradores de alta frequência (ex.: Kodak 2100), que se apresentam normalmente dentro de todas as tolerâncias legais.

No sentido de uma melhor caracterização destes equipamentos, a Sociedade Espanhola de Física Médica propôs assim uma alteração dos critérios relativos aos temporizadores destes equipamentos na nova edição do seu Protocolo de Controlo de Qualidade em Radiodiagnóstico, onde para equipamentos de alta frequência, se recuperam os critérios para os equipamentos gerais de radiologia:

Tempo de exposição	Tolerâncias	Melhor incerteza (k=2)
Exactidão do tempo de exposição [2]	Equipamentos monofásicos: < ±20% para tempos > 0,1 s e < 1 pulso para tempos inferiores [2] Equipamentos de alta frequência: < 10% [2]	0,6% [1]
Precisão do tempo de exposição [2] e [3]	< 10% [2] e [3]	

A falta de controlo destes equipamentos tem contribuído ainda para a não optimização (princípio ALARA) das doses absorvidas pelos pacientes em radiodiagnóstico dentário intra-oral, quer por parâmetros fora de tolerância (tempo de exposição, kV, filtração total, etc.), quer pelas técnicas utilizadas, onde muitas vezes se empregam tempos fixos de exposição (sobretudo em temporizadores manuais como os apresentados à direita na *figura 4*) independentemente do tipo de paciente (criança ou adulto) e da peça dentária a explorar (ex.: incisivo, molar, etc.). As doses mais elevadas resultantes desta técnica são por conseguinte compensadas no processo de revelação (através da diminuição do tempo empregue na mesma) ou mediante ajuste da densidade (e do contraste) da imagem obtida em sistemas digitais (dada a sua gama dinâmica mais alargada).

REFERÊNCIAS

- [1] Procedimento Técnico de Inspeção de Instalações e Equipamentos de Radiodiagnóstico, Ed. C, Fevereiro de 2011, Labmetro Saúde
- [2] Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (Aspectos Técnicos), Sociedade Espanhola de Física Médica
- [3] Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto, Ministério da Saúde.
- [4] JCGM 100:2008, Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, GUM 1995 with minor corrections.