



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE BOTUCATU
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOFÍSICA E FARMACOLOGIA
FÍSICA MÉDICA

NYCOLAS MARIOTTO

**A importância do controle de qualidade clínica de exames
de radiografia médica em um serviço de radiodiagnóstico**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Botucatu

2023

NYCOLAS MARIOTTO

A importância do controle de qualidade clínica de exames de radiografia médica em um serviço de radiodiagnóstico

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física Médica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharelado em Física Médica

Orientador: Dr. Matheus Alvarez
Coorientador: Prof. Dr. José Ricardo de Arruda Miranda

Botucatu
2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Mariotto, Nycolas.

A importância do controle de qualidade clínica de exames de radiografia médica em um serviço de radiodiagnóstico / Nycolas Mariotto. - Botucatu, 2023

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Física Médica) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Matheus Alvarez

Coorientador: José Ricardo de Arruda Miranda

Capes: 40106004

1. Diagnóstico por imagem. 2. Controle de qualidade. 3. Radiografia - Qualidade da imagem. 4. Diagnóstico radioscópico. 5. Raios X.

Palavras-chave: Controle de qualidade; Diagnóstico por imagem; Raios-x Convencional.

Dedico este projeto à minha família e amigos que sempre estiveram presentes direta ou indiretamente em todos os momentos de minha formação.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Silvana Teixeira Mariotto e Marcos Ronaldo Mariotto pelo incondicional apoio, amor e confiança em mim.

Aos meus amigos dentro e fora da universidade pelos conselhos imprescindíveis.

Aos Professores José Ricardo de Arruda Miranda e Matheus Alvarez pela oportunidade, orientação e confiança pelo qual guardarei um carinho eterno em toda minha trajetória futura.

A todos que de alguma forma participaram da execução deste trabalho.

Quanto mais nos elevamos, menores parecemos
aos olhos daqueles que não sabem voar.

Friedrich Nietzsche

Resumo

A qualidade em exames de radiologia médica é crucial para garantir resultados precisos e confiáveis, essenciais para o diagnóstico e tratamento de doenças. O controle de qualidade clínica é uma das ferramentas utilizadas para garantir essa qualidade, incluindo avaliação de imagens, calibração de equipamentos, formação de equipes e monitoria de processos, para garantir precisão e confiabilidade dos resultados. A implementação desse controle pode reduzir erros e melhorar a qualidade dos resultados. O parâmetro para elaboração deste trabalho foram atividades como estagiário na empresa CONSULT MEDICINA RADIOMETRIA E QUALIDADE S/S, onde acompanhei algumas atividades, como controle de qualidade e levantamento radiométrico de equipamentos emissores de raios-X em consultórios odontológicos, clínicas e hospitais, bem como a elaboração de laudos para as atividades com base na Instrução Normativa - IN n.º 90, de 27 de maio de 2021 e RDC 330 vigente à época do estágio. O controle de qualidade clínica é essencial para garantir a precisão e confiabilidade dos resultados de exames de radiologia médica, mostrando a importância que empresas de radiodiagnóstico e profissionais de saúde estejam sempre atentos e atualizados quanto aos procedimentos de controle de qualidade clínica conforme as normativas e regras vigentes do equipamento radiológico.

Palavras-chave: Controle de qualidade, Diagnóstico por imagem, Raios-X convencional.

Abstract

Quality in medical radiology exams is crucial to ensure accurate and reliable results, essential for the diagnosis and treatment of diseases. Clinical quality control is one of the tools used to ensure this quality, including image evaluation, equipment calibration, staff training, and process monitoring to ensure accuracy and reliability of results. The implementation of this control can reduce errors and improve the quality of the results. The parameter for the preparation of this work were activities as an intern at CONSULT MEDICINA RADIOMETRIA E QUALIDADE S/S, where I monitored activities such as quality control and radiometric survey of X-ray emitting equipment in dental offices, clinics and hospitals, as well as the preparation of reports for the activities based on Normative Instruction - IN No. 90 of May 27, 2021 and RDC 330 in force at the time of the internship. Clinical quality control is essential to ensure the accuracy and reliability of the results of medical radiology exams, demonstrating the importance that radiodiagnostic companies and health professionals are always aware and updated on the procedures for clinical quality control according to the current rules and regulations of radiological equipment.

Keywords: Conventional X-rays, Imaging diagnosis, Quality control

Lista de ilustrações

Figura 1 – Instruções Normativas para cada sistema.	15
Figura 2 – Linha do tempo das Portarias, Resoluções e Instruções Normativas. . .	17
Figura 3 – Fantoma antropomórfico da mão.	19
Figura 4 – Fantoma equivalente ao paciente, região torácica.	19
Figura 5 – Fantoma CDRAD n.º de série 1307, Marca Artinis Medical Systems. . .	20
Figura 6 – Teste de alinhamento de feixe.	25
Figura 7 – Nesse teste a radiografia tirada desse fantoma, o formato e densidade da 2e tem que ser igual a 2d, e o mesmo para 1e e 1d	25
Figura 8 – Cálculo da exatidão.	27
Figura 9 – Cálculo da reprodutibilidade.	27
Figura 10 – Cálculo da exatidão.	28
Figura 11 – Cálculo da reprodutibilidade.	28
Figura 12 – Cálculo da reprodutibilidade.	29
Figura 13 – Cálculo da linearidade.	29
Figura 14 – Cálculo da reprodutibilidade.	30
Figura 15 – Cálculo do rendimento do tubo de raios-X.	31
Figura 16 – Cálculo da CSR.	32
Figura 17 – Placa utilizada no teste de resolução espacial.	33
Figura 18 – Radiação de fuga do cabeçote.	38
Figura 19 – Teste de exatidão dos indicadores da distância foco-receptor em um raio-X localizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	42
Figura 20 – Teste de integridade dos acessórios e equipamentos de proteção indivi- dual (EPIs) feito no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	43
Figura 21 – Placas de alumínio para atenuação do feixe no teste de camada semi- redutora em um raio-X localizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	44
Figura 22 – Eletrômetro da câmara de ionização de uso do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	44
Figura 23 – Câmara de ionização cilíndrica: Radcal 9015 e uso do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	45
Figura 24 – Posicionamento do CDRAD 2.0 em uma radiografia computadorizada localizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	45

Figura 25 – Teste de rotina CDRAD 2.0 e filtro de 15mm de cobre realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB). Baixo contraste: 8mm e Resolução espacial: 5mm.	46
Figura 26 – Dispositivo dos testes de alinhamento do feixe e sistema de colimação. .	46
Figura 27 – Teste de exatidão do sistema de colimação. Imagem de coincidência de campos em desacordo.	47
Figura 28 – Teste de exatidão do sistema de colimação. Imagem de coincidência de campos em conformidade.	48
Figura 29 – Teste da perpendicularidade do raio central. Imagem da não conformidade da incidência do raio central do feixe de raios-X.	48
Figura 30 – Teste de alinhamento de grade, onde os 2 círculos mais a esquerda devem estar semelhantes em densidade e formato aos 2 círculos mais a direito.	49
Figura 31 – Teste de integridade dos chassis e cassetes onde é possível ver que o mesmo não está íntegro.	50
Figura 32 – Teste do contato tela-filme onde é possível observar uma perda de uniformidade.	51
Figura 33 – Teste de resolução espacial onde é possível identificar claramente uma distinção entre linha e espaço até no nível de 1,8.	51
Figura 34 – Teste de valores representativos de dose com a câmara de ionização sobre o fantoma realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	52
Figura 35 – Análise da quantidade de pares de linha por milímetro (pl/mm) usando placas de chumbo de modelos: 07-527, 07-553 e 07- 548 realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	53
Figura 36 – Teste de resolução espacial realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	53
Figura 37 – Teste da perpendicularidade do raio central. Imagem da incidência do raio central do feixe de Raios-X em conformidade.	54
Figura 38 – Medidas do teste de distorção onde a medida real é de 15mm e 225 mm, realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).	54
Figura 39 – Teste de rotina com o CD-rad realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB), utilizando 77 kV e 20 mAs, evidenciando os artefatos presentes na imagem.	55

Lista de tabelas

Tabela 1 – Testes estabelecidos pela INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 90, DE 27 DE MAIO DE 2021 (DIRETORIA COLEGIADA DA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2021).	21
Tabela 2 – Espessuras radiográficas, considerando um paciente adulto típico (massa de 60 kg a 75 kg e altura de 1,60 m a 1,75 m) (CURRY <i>et al.</i> , 1990). . .	26
Tabela 3 – Valores mínimos tolerados da CSR em função da fase e tensão do tubo.	33
Tabela 4 – O fator de uso (U) é um parâmetro adimensional que indica a fração da carga de trabalho semanal onde determinada barreira de proteção é submetida ao feixe principal de raios-X	37
Tabela 5 – O fator de ocupação (T) é um parâmetro adimensional relacionado à área a ser protegida, e corresponde à fração da carga de trabalho onde uma pessoa ou um grupo de pessoas são submetidas a um feixe de raios-X	38
Tabela 6 – Tamanhos de ponto focal recomendadas pela NEMA.	39

Lista de abreviaturas e siglas

AEC	Automatic exposure control
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
CR	Computed radiography
CSR	Camada semi-redutora
DR	Digital radiography
FEP	Fantoma Equivalente ao Paciente
IN	Instrução Normativa
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada

Sumário

1	Introdução	14
1.1	Histórico das normativas	14
2	Técnicas de controle de qualidade	18
2.1	Descrição dos testes estabelecidos pela INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 90	24
2.1.1	Exatidão dos indicadores da distância foco-receptor	24
2.1.2	Exatidão do indicador de campo luminoso	24
2.1.3	Alinhamento do eixo central do feixe de raios-X	25
2.1.4	Alinhamento de grade	25
2.1.5	Integridade dos chassis e cassetes	26
2.1.6	Valores representativos de dose	26
2.1.7	Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo	26
2.1.8	Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição	27
2.1.9	Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no Ar	28
2.1.10	Reprodutibilidade do controle automático de exposição	29
2.1.11	Compensação do controle automático de exposição para diferentes espessuras	30
2.1.12	Rendimento do tubo de raios-X	31
2.1.13	Camada semi-redutora	31
2.1.14	Resolução espacial	33
2.1.15	Contato tela-filme	34
2.1.16	Artefatos na imagem	34
2.1.17	Vedação da câmara escura	34
2.1.18	Uniformidade da imagem	34
2.1.19	Diferença de sensibilidade entre as placas de fósforo, para receptores de imagem de mesmo tamanho	34
2.1.20	Exatidão do indicador de dose do detector	35
2.1.21	Distorção geométrica	35
2.1.22	Efetividade do ciclo de apagamento	35
2.1.23	Luminância do monitor para diagnóstico ou laudo	36
2.1.24	Luminância do negatoscópio para diagnóstico ou laudo	36
2.1.25	Iluminância da sala de laudos	36
2.1.26	Integridade dos acessórios e equipamentos de proteção individual	36
2.1.27	Qualidade da imagem	37
2.1.28	Levantamento radiométrico	37
2.1.29	Radiação de fuga do cabeçote	38

2.1.30	Ponto focal	39
3	Metodologia	41
4	Resultados	42
5	Discussão	56
6	Conclusão	57
	Referências	58

1 Introdução

Os raios-X, descobertos pelo físico e médico inglês Charles Wilson Crookes em 1892, são um tipo de radiação eletromagnética. As ondas eletromagnéticas são uma forma de luz, tendo assim energia elétrica e magnética. Quando um raio-X é direcionado a uma pessoa ou objeto, as ondas fazem com que os átomos ou moléculas vibrem e criem uma imagem da estrutura interna do objeto. Assim, a radioatividade é o processo pelo qual os átomos geram raios-X. Quando um átomo se torna radioativo, ele libera ondas eletromagnéticas à medida que se transforma em um elemento diferente. A descoberta dos raios-X foi um evento surpreendente na ciência e na medicina (SCAFF, 1997).

1.1 Histórico das normativas

Para obter uma licença de operação, o equipamento deve atender a determinados testes de fuga de radiação e requisitos de levantamento radiométrico implementados pela Portaria CVS/EXP-2. Essa norma técnica foi implementada pela Resolução SS-625, aprovada em setembro de 1945. A Portaria CVS/EXP-2 de 20 de janeiro de 1994 exigiu testes para todos os equipamentos que passaram a ser utilizados, além de delinear o formato dos relatórios de fuga de radiação e o treinamento dos profissionais que podem assiná-los (A SECRETÁRIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL, 1998).

Esses termos estipulam que os novos requisitos devem ser implementados no prazo de dois anos. A conformidade exige mudanças significativas nos métodos dos profissionais médicos e odontológicos. Este foi o aspecto mais vantajoso do processo, pois resultou em um documento legal com amplo respaldo (A SECRETÁRIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL, 1998).

A Portaria 453 estabeleceu as primeiras normas que regem a sala de radiologia, sendo necessário seguir essas diretrizes ao projetar novas instalações. Tal portaria afirma que cada espaço deve ser construído para seguir as determinações sobre zonas livres e controladas. A Portaria 453 também estabelece diretrizes para os profissionais que trabalham com radiação no dia a dia por meio de protocolos que recomendam o uso de um dosímetro para medir seus níveis de radiação (FAGUNDES, 2021a).

A RDC 330 (Resolução da Diretoria Colegiada) revoga a Portaria 453 e a atualiza para incorporar os avanços da tecnologia médica e da telemedicina. Essa alteração na portaria é feita por meio de um formato diferente. O padrão da RDC 330 contém diretrizes nacionais sobre o uso de raios-X para diagnóstico, bem como medidas de proteção em relação à radiologia médica e odontológica. As mudanças resultaram da nova legislação da RDC. Uma das maiores mudanças foi a inclusão de Instruções Normativas para cada especialidade de diagnóstico por imagem relacionada à sua tecnologia específica (FAGUNDES, 2021a; FAGUNDES, 2021b).

Figura 1 – Instruções Normativas para cada sistema.



<https://www.staffsul.com.br/ensino/nova-rdc-611>

O principal objetivo da RDC 330 é reger a avaliação de riscos ocupacionais, médicos e de segurança pública. Ele exige pré-requisitos para serviços de radiologia diagnóstica e intervencionista na sua totalidade. Ela também exige que todas as instituições relacionadas à saúde permaneçam conforme todos os regulamentos, fornecendo acesso a toda a documentação. A categorização adequada de arquivos e dados requer o uso de arquivos físicos ou sistemas computadorizados. Isso ocorre porque exige que os responsáveis tenham investido em qualquer um deles a papelada necessária, que inclui uma ampla gama de documentos tais como:

- Inventário dos aparelhos e produtos que podem precisar de proteção radiológica;
- Relação nominal dos membros da equipe;
- Projeto e memorial aprovado pela Vigilância Sanitária;
- Registro de procedimentos operacionais realizados;
- Normas, rotinas e outras informações que podem ser importantes (FAGUNDES, 2021a; FAGUNDES, 2021b).

Vale destacar o que ainda segue igual à Portaria 453: a RDC 330 regulamenta que todos os indivíduos ocupacionalmente expostos realizem treinamento de reciclagem em proteção radiológica anualmente. Tal exigência e orientações acerca do treinamento aparecem no Programa de Educação Permanente, que faz parte da RDC 330. A RDC 330 adicionou a Portaria 453 ao seu rol de normas, e tal adição deveu-se à divisão da RDC 330 em três partes distintas:

- O sistema PEPS (Plano de Educação Permanente em Saúde) oferece oportunidades de aprendizagem ao longo da vida como um instrumento de gestão da Política de Educação Permanente em Saúde (EPS) no âmbito estadual, municipal e federal,

dando uma orientação para a ação dos dirigentes e técnicos responsáveis pela formulação de propostas, organização e execução das ações de educação permanente do pessoal de saúde, direta e indiretamente envolvidos na prestação de serviços de atenção básica, especializada e hospitalar, e com a gestão/gerência de serviços e programas de saúde;

- Um Programa de Garantia de Qualidade está em andamento como parte de uma atualização para garantia de qualidade;
- Um plano de proteção radiológica é necessário ao realizar procedimentos radiológicos (FAGUNDES, 2021a; FAGUNDES, 2021b; PINHEIRO, 2022).

Também vale ressaltar que a RDC 330 alterou a dose máxima considerada aceitável para investigação. Anteriormente, 1,5 mSv (milésimos de Sievert, unidade que mede os efeitos biológicos da radiação) podia ser detectado. Mas mudou para 1 mSv.

A aferição da dose levou a criação de dois dosímetros que davam uma dose efetiva individualizada, podendo optar por usar um dosímetro sobre o avental de chumbo ou sob ele. A RDC 330 auxilia no entendimento e aplicação da tecnologia radiológica aplicada para fins diagnósticos e terapêuticos pelas instituições. O conhecimento das normas da RDC 330 é importante tanto para os fiscalizadores quanto para o cumprimento da vigilância sanitária (FAGUNDES, 2021a; FAGUNDES, 2021b).

A RDC 611 revogou a RDC 330 e estabelece normas para o uso adequado de equipamentos de radiologia, definindo blindagens de equipamentos, iluminação de salas e outras medidas de segurança. Ele também detalha protocolos para lidar com pacientes, registros médicos, implementação de salvaguardas e proteção de materiais radiológicos. Outras seções discutem a desativação de equipamentos e protocolos para desligar serviços e equipamentos, quando necessário. A RDC 611 acrescentou radiologia digital, telerradiologia e serviços móveis à lista de tecnologias necessárias para incorporação. Outras adições incluíram melhorias no controle de qualidade de imagem e educação.

Devido à norma, todos os estabelecimentos médicos — independentemente do porte — que prestam serviços de Radiografia Médica Convencional, Fluoroscopia, Radiologia Intervencionista, Mamografia, Tomografia Computadorizada e Radiologia Odontológica Extraoral e Intraoral deveriam se adequar até dezembro de 2021. Além disso, tanto a Ressonância Magnética quanto o Ultrassom foram exigidos pela norma (INBRARAD, 2022; GE HEALTHCARE, 2022; STAFF, 2022).

Figura 2 – Linha do tempo das Portarias, Resoluções e Instruções Normativas.



<https://www.staffsul.com.br/ensino/nova-rdc-611>

A RDC 611/22 reúne as declarações anteriormente revogadas sobre equivalente de dose ambiente anual necessária para o planejamento de projetos de blindagem e medições de radiação. Este último regula a quantidade de radiação permitida em áreas controladas de 0,5 mSv, e em relação a áreas livres de 5 mSv (INBRARAD, 2022; GE HEALTHCARE, 2022; STAFF, 2022).

2 Técnicas de controle de qualidade

Um fantoma é uma estrutura que contém um ou mais substitutos de tecido biológico. Esses substitutos possuem propriedades de atenuação que dependem da faixa de energia, da energia utilizada e dos materiais utilizados para produzi-los. Diferentes fantasmas são necessários para aplicações médicas, por isso há a necessidade de criar fantasmas complexos para comparar diferentes equipamentos radiológicos. Fantasmas padrão são usados em muitos campos de estudo diferentes. Eles são usados para calibrar feixes de Raios-X, determinar a análise funcional de órgãos *in vivo* na medicina nuclear e determinar a dose absorvida na radioterapia. Além disso, são utilizados para fins dosimétricos, ou seja, quando são utilizados para classificar diversas áreas de interesse. O American National Standards Institute criou o fantoma equivalente ao paciente (FEP), sendo um padrão em radiodiagnóstico. O FEP contém representações de várias partes do corpo humano, como tórax, coluna lombar, crânio e outros membros. Deve se assemelhar às características de absorção e dispersão de radiação próximas ao mesmo nível de um paciente humano. A criação de um fantoma de radiodiagnóstico requer a imitação de estruturas anatômicas como a pele, tórax, crânio e outros membros (LENG *et al.*, 2015; MOLONEY *et al.*, 2018).

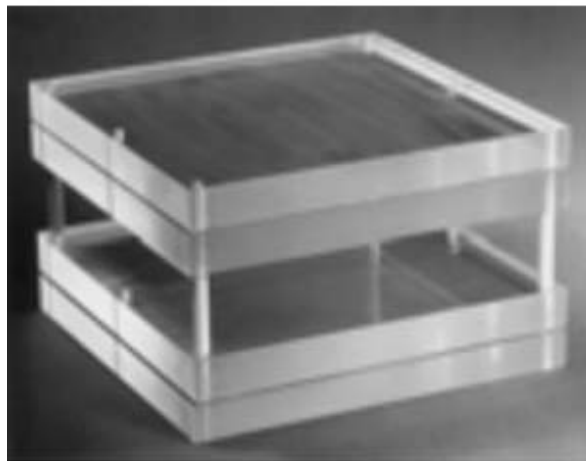
Existem dois tipos principais de fantasmas, antropomórfico e de calibração. Muitas aplicações científicas podem ser encontradas para fantasmas antropomórficos. Eles são criados com materiais que imitam o tecido humano e podem ser usados para simular pacientes para diversos fins. Isso inclui testar novas técnicas de tratamento com radiação, avaliar diferentes técnicas de imagem, implementar novos protocolos ou reconstruir imagens. Novos avanços na tecnologia de impressão 3D permitem que fantasmas antropomórficos mais realistas sejam desenvolvidos. Esses fantasmas podem ser usados para ensinar técnicas de imagem ou aprimorar os fatores de exposição. De maneira semelhante, esses mesmos princípios podem ser aplicados ao ensino de outros conceitos (GLICK; IKEJIMBA, 2018).

Os fantasmas de calibração garantem que as imagens reflitam com precisão a densidade do que estão gerando. Estes são representados por cilindros ou placas que contêm densidades de valores específicos conhecidos. O uso de equipamentos de imagem requer manutenção e inspeção regulares por meio do uso de fantasmas. Essas ferramentas permitem a otimização eficaz dos sistemas de imagem e garantem que não ocorram desvios desses valores (GLICK; IKEJIMBA, 2018; MOLONEY *et al.*, 2018).

Figura 3 – Fantoma antropomórfico da mão.

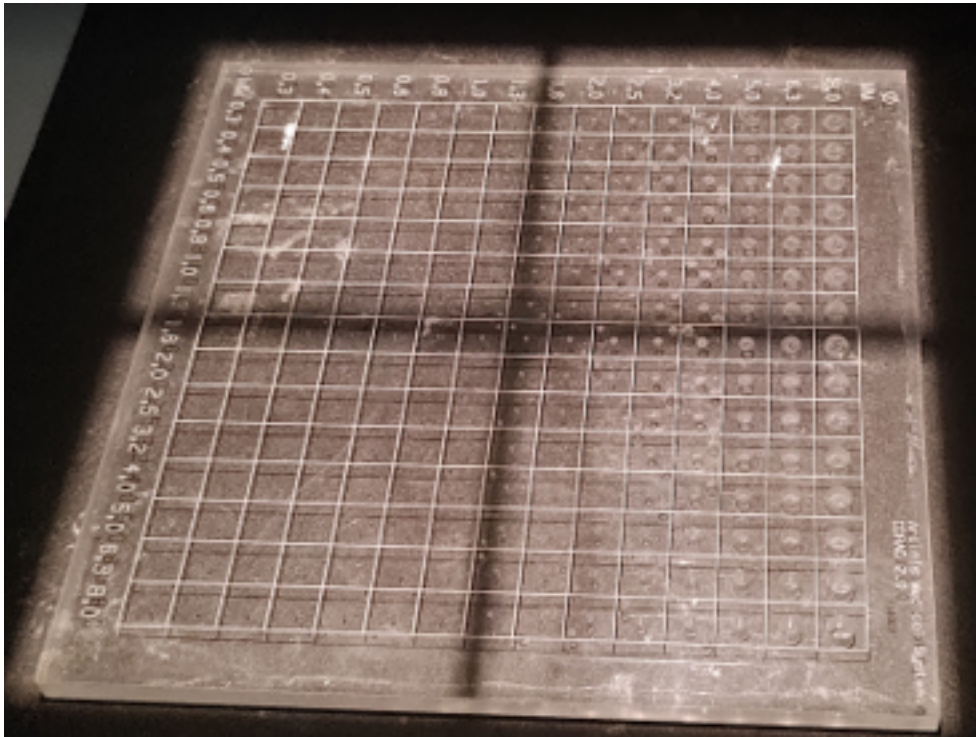


Figura 4 – Fantoma equivalente ao paciente, região torácica.



<https://jrtassociates.com/diagnosticx-rayphantoms.aspx>

Figura 5 – Fantoma CDRAD n.º de série 1307, Marca Artinis Medical Systems.



ALARA significa “tão baixo quanto razoavelmente possível”. É um termo inglês que exhibe a ideia de usar a radiação da forma mais cautelosa possível. Essa abordagem é necessária ao tirar imagens como Raios-X e tomografias computadorizadas. Aplica-se também aos tratamentos de radioterapia, que devem ser administrados pelo menor tempo possível sem comprometer a aquisição das imagens (RIBEIRO, 2016; A SECRETÁRIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL, 1998).

A proteção radiológica prática baseia-se em quatro princípios:

- Redução do tempo de exposição: quanto menos tempo exposta, menor a dose que incide sobre o corpo;
- Redução da dose de radiação: crianças e pacientes mais magros não precisam da mesma dose de radiação para “atravessar” suas estruturas corporais do que um paciente mais gordo;
- Distanciamento: quando aplicável, principalmente nos casos dos profissionais executantes, quanto mais distante da fonte de radiação, menos exposto estará;
- Blindagem: são materiais específicos confeccionados com o elemento chumbo, capazes de bloquear os raios-X. São utilizados para proteger determinadas áreas do corpo do paciente ou do profissional realizador do exame durante a exposição dos mesmos à radiação. Exemplos deles são biombos, coletes, protetores de gônadas e de tireoide (RIBEIRO, 2016).

A convenção de medidas técnicas de tratamento é analisada através dos parâmetros tensão (kV ou kVp), corrente (mA) e tempo (ms). O cálculo do conjunto corrente-tempo (mAs) é feito por meio de um analisador, sendo então calibrado conforme o equipamento que está sendo medido. Os valores medidos são obtidos no feixe primário desses parâmetros para tecidos finos e grossos, enquanto também são criados protocolos padronizados por meio do uso de um gráfico técnico. Após esses procedimentos, a dose administrada é comparada com os padrões nacionais e estaduais - bem como com as medidas apropriadas - para confirmar a conformidade (DIRETORIA COLEGIADA DA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2022).

A análise cuidadosa da imagem é recomendada ao otimizar a dose para garantir que não haja perda significativa na qualidade do diagnóstico, geralmente realizado com ajustes técnicos para garantir os melhores resultados para o paciente. Isso ocorre devido aos altos níveis de dados de gráficos técnicos que normalmente excedem os níveis de referência fornecidos pelo cliente (GLICK; IKEJIMBA, 2018).

Para analisar com precisão a imagem, é preciso colimar e alinhar o sistema com ferramentas específicas. Isso também garante que a mesma seja centralizada uniformemente. Se a grade estiver presente, esta análise a verifica. Para garantir o funcionamento adequado do equipamento de Raios-X, médicos e pacientes não devem ser colocados em risco por testes regulares de desempenho de todos os equipamentos digitais, convencionais e móveis (DIRETORIA COLEGIADA DA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2022).

Tabela 1 – Testes estabelecidos pela INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 90, DE 27 DE MAIO DE 2021 (DIRETORIA COLEGIADA DA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2021).

Aplicabilidade	Teste	Frequência
G	Exatidão dos indicadores da distância foco-receptor	Teste de aceitação ou após reparos
G	Exatidão do indicador de campo luminoso	Teste de aceitação, semestral ou após reparos

Aplicabilidade	Teste	Frequência
G	Alinhamento do eixo central do feixe de Raios-X	Teste de aceitação, semestral ou após reparos
F (C/CR/DR)	Alinhamento de grade	Teste de aceitação, semestral ou após reparos
G	Integridade dos chassis e cassetes	Teste de aceitação e anual
G	Valores representativos de dose	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Exatidão do indicador de tensão do tubo	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Reprodutibilidade da tensão do tubo	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Exatidão do tempo de exposição	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Reprodutibilidade do tempo de exposição	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Reprodutibilidade do kerma no ar	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Linearidade do kerma no ar com o produto corrente tempo	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F (C/CR/DR)	Reprodutibilidade do Controle Automático de Exposição	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F (C/CR/DR)	Compensação do Controle Automático de Exposição para diferentes espessuras	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Rendimento do Tubo (R)	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Camada Semirredutora (CSR)	Teste de aceitação, anual ou após reparos

Aplicabilidade	Teste	Frequência
G	Resolução Espacial	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F/M (C)	Contato tela-filme	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Artefatos na imagem	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F/M (C)	Vedação da câmara escura	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F (C/CR/DR), inclusive digitalização	Uniformidade da imagem	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F/M (CR)	Diferença de sensibilidade entre as placas de fósforo, para receptores de imagem de mesmo tamanho	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F/M (CR/DR)	Exatidão do indicador de dose do detector (quando disponível)	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F/M (CR/DR), inclusive digitalização	Distorção geométrica	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F/M (CR/DR)	Efetividade do ciclo de apagamento	Teste de aceitação, anual ou após reparos
F/M (CR/DR)	Luminância do monitor para diagnóstico ou laudo	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Luminância do negatoscópio para diagnóstico ou laudo	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Uniformidade da Luminância dos monitores e negatoscópios para diagnóstico ou laudo	Teste de aceitação, anual ou após reparos

Aplicabilidade	Teste	Frequência
G	Iluminância da sala de laudos	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Integridade dos acessórios e equipamentos de proteção individual	Teste de aceitação, anual ou após reparos
G	Qualidade da imagem	Teste de aceitação, anual e após reparos
G	Levantamento radiométrico	Teste de aceitação, quadrienal ou após modificações nas salas, equipamentos ou procedimentos
G	Radiação de fuga do cabeçote	Teste de aceitação, quadrienal ou após modificações nos equipamentos

Onde: F: Fixo; M: Móvel; C: Convencional; CR: Radiografia Computadorizada; DR: Radiografia Digital; G: Geral (F/M/C/CR/DR)

2.1 Descrição dos testes estabelecidos pela INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 90

2.1.1 Exatidão dos indicadores da distância foco-receptor

Verificam-se as marcações da sala e do equipamento coincidem com a distância referida por meio de uma trena, medindo do foco do raio-X até a mesa aferindo se o valor coincide com o que está na coluna do raio-X.

- Tolerância: $\leq 5\%$.

2.1.2 Exatidão do indicador de campo luminoso

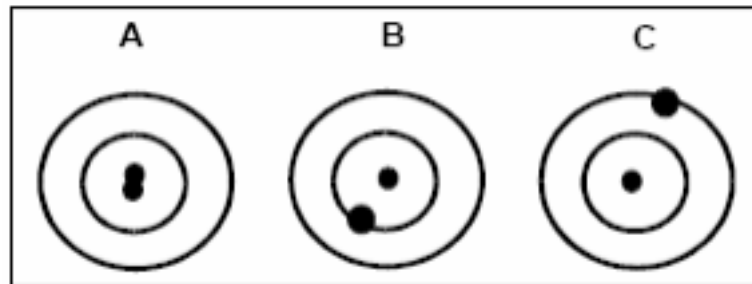
Verifica-se o campo luminoso e o campo de radiação emitido coincidem entre si por meio da colimação de um fantoma retangular ou quadrado bem colimado e comparando com a imagem gerada por ele no raio-X. Se os campos não estiverem coincidindo pode haver uma exposição desnecessária ao paciente, como também a perda de detalhes importantes

- Tolerância: $\leq 2\%$ da distância foco-receptor;
- Restrição: $> 4\%$ da distância foco-receptor.

2.1.3 Alinhamento do eixo central do feixe de raios-X

Avalia se o feixe de raios-X está perpendicular ao plano do receptor de imagem, por meio do dispositivo da figura 14.

Figura 6 – Teste de alinhamento de feixe.



https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121430/souza_jf_tcc_bot.pdf?sequence=1

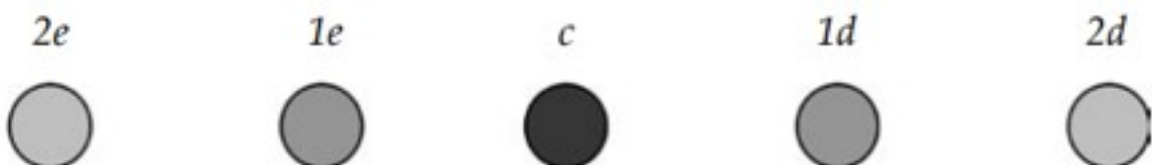
Se a imagem estiver dentro da primeira circunferência, a inclinação é $< 1,5^\circ$. Se a imagem estiver entre o primeiro e o segundo círculo, a inclinação é $< 3^\circ$.

- Tolerância: 3° em relação ao eixo perpendicular do plano receptor;
- Restrição: 5° em relação ao eixo perpendicular do plano receptor;

2.1.4 Alinhamento de grade

Verifica se não há perda de uniformidade da imagem devido ao mal posicionamento da grade. São utilizados filmes radiográficos e suportes e, no caso de equipamento de revelação tela-filme, um dispositivo de alinhamento. Utilizando uma distância de 100 cm, uma imagem é realizada e sua coincidência com a adequação prevista em lei é verificada. Para passar no teste, é necessária verificar a correta instalação da grade de anti-espalhamento e se o seu alinhamento está correto.

Figura 7 – Nesse teste a radiografia tirada desse fantoma, o formato e densidade da 2e tem que ser igual a 2d, e o mesmo para 1e e 1d



(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

- Tolerância: Sem artefato, lâminas aparentes ou não uniformidade da imagem;
- Restrição: Não possuir grade.

2.1.5 Integridade dos chassis e cassetes

Verifica a qualidade dos chassis utilizados na aquisição das imagens por meio de uma radiografia do mesmo.

- Tolerância: Chassis e cassetes íntegros.

2.1.6 Valores representativos de dose

Estimar a dose de entrada na pele representativa dos exames praticados no serviço por meio de um eletrômetro e uma câmara de ionização. Utilizando distância fonte-câmara de 100 cm e um fantoma de acrílico preenchido com água como objeto espalhador, é aferida a dose em mR, proveniente de cada estudo radiológico utilizando as técnicas do serviço. Em seguida a dose é convertida em mGy multiplicando o resultado por 0,0087.

Tabela 2 – Espessuras radiográficas, considerando um paciente adulto típico (massa de 60 kg a 75 kg e altura de 1,60 m a 1,75 m) (CURRY *et al.*, 1990).

Exame	Espessura (cm)	DEP (mGy)
Coluna Lombar	AP	10
	LAT	30
	JLS	40
Abdômen	AP	10
Tórax	PA	0,4
	LAT	1,5
Crânio	AP	5
	LAT	3

PA: Projeção pósterio-anterior; AP: Projeção antero-posterior; LAT: Projeção lateral; JLS: Junção lombo-sacra (SOARES, 2008).

2.1.7 Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo

Neste teste a constância e o valor médio da tensão aplicada ao tubo de raios-X são avaliados seguindo o seguinte protocolo:

- (1) Posicionar o medidor de kVp sobre a mesa ou sobre o suporte, alinhado com o tubo de raios-X.
- (2) Ajustar a distância foco-medidor recomendada pelo fabricante e abrir o campo de luz, de forma que cubra toda a área sensível do medidor.

- (3) Escolher quatro valores de kVp e três valores de mA mais utilizados clinicamente.
- (4) Fazer uma série de quatro exposições para cada combinação de kVp com mA.
- (5) Anotar as medidas de kVp obtidas em cada série de medições (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

Figura 8 – Cálculo da exatidão.

$$d(\%) = 100 \cdot \frac{kVp_{nom} - kVp_{médio}}{kVp_{nom}}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Exatidão:

- Tolerância: $\leq 10\%$;
- Restrição: $> 20\%$.

Figura 9 – Cálculo da reprodutibilidade.

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{kVp_{máx} - kVp_{mín}}{(kVp_{máx} + kVp_{mín}) / 2}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Reprodutibilidade:

- Tolerância: $\leq 5\%$;
- Restrição: $> 10\%$.

2.1.8 Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição

Avaliar a exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição gerada pelo equipamento seguindo o seguinte protocolo:

- (1) Definir pelo menos seis valores de tempo, normalmente utilizados clinicamente.
- (2) Posicionar o instrumento de medida (Cobia Smart R/F) sobre a mesa ou sobre suporte adequado.
- (3) Selecionar um valor de tensão e um valor de mA normalmente utilizados.

(4) Fazer quatro exposições para cada valor de tempo definido (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

Figura 10 – Cálculo da exatidão.

$$d(\%) = 100 \cdot \frac{t_{nom} - t_{médio}}{t_{nom}}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Exatidão:

- Tolerância: $\leq 10\%$;
- Restrição: $> 30\%$.

Figura 11 – Cálculo da reprodutibilidade.

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{t_{máx} - t_{mín}}{(t_{máx} + t_{mín}) / 2}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Reprodutibilidade:

- Tolerância: $\leq 10\%$;
- Restrição: $> 20\%$.

2.1.9 Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no Ar

Avaliar a linearidade e a constância da taxa de kerma no ar. O teste de reprodutibilidade da taxa de kerma no ar determina a validade das doses de radiação quando administradas em exames de rotina. Este procedimento determina se uma determinada técnica, como kV, mA ou mAs, produz resultados com precisão dentro da faixa legal.

Figura 12 – Cálculo da reprodutibilidade.

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{(L_{m\acute{a}x} + L_{m\acute{i}n})/2}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Onde L são os valores das leituras obtidas.

Reprodutibilidade:

- Tolerância: $\leq 10\%$;
- Restrição: $> 20\%$.

Figura 13 – Cálculo da linearidade.

$$L(\%) = 100 \cdot \frac{R_{max} - R_{min}}{(R_{max} + R_{min})/2}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Onde R corresponde aos valores médios das leituras obtidas dividido pelo seu mAs correspondente.

Linearidade:

- Tolerância: $\leq 20\%$;
- Restrição: $> 40\%$.

2.1.10 Reprodutibilidade do controle automático de exposição

Verifica se o controle automático de exposição (AEC) está bem calibrado e reprodutível, por meio de um eletrômetro, uma câmara de ionização e placas de cobre com espessura de 1,5 mm ou de outro material, com atenuação equivalente (15 cm PMMA ou 3 cm Al) seguindo o seguinte protocolo:

- (1) Selecionar um valor de tensão normalmente utilizado na rotina.
 - (2) Posicionar o fantoma sobre a mesa, de modo a cobrir o sensor do sistema automático de exposição.
 - (3) Posicionar o tubo de raios-X a uma distância fixa.
 - (4) Fazer quatro exposições (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).
- Anotar os valores de leituras obtidos.

Figura 14 – Cálculo da reprodutibilidade.

$$R(\%) = 100 \cdot \frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{(L_{m\acute{a}x} + L_{m\acute{i}n}) / 2}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Onde L são os valores das leituras obtidas.

- Tolerância: $\leq 10\%$;
- Restrição: $> 20\%$.

2.1.11 Compensação do controle automático de exposição para diferentes espessuras

Verifica a compensação do controle automático de exposição para diferentes espessuras seguindo o seguinte protocolo:

- (1) Selecionar três valores de tensão utilizados normalmente, usando um único chassi para todo o teste;
- (2) Posicionar uma placa de acrílico de 2 cm sobre o porta-chassi de modo a cobrir completamente a área do sensor;
- (3) Modo de exposição auto mAs e controle de densidade na posição zero ou normal;
- (4) Repetir o procedimento para o mesmo valor da tensão, variando as espessuras da placa de acrílico para 4 cm e 6 cm (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

- Tolerância: $\leq 20\%$;
- Restrição: $> 40\%$.

2.1.12 Rendimento do tubo de raios-X

Verifica se o rendimento do equipamento concorda com os padrões seguindo o seguinte protocolo:

- (1) Selecionar um valor de tensão igual a 80 kVp (medido).
- (2) Escolher um valor de mA e um valor de tempo ou um valor de mAs.
- (3) Ajustar a distância foco-detector para 100cm.
- (4) Posicionar o instrumento de medida (Cobia Smart R/F) sobre a mesa ou suporte adequado, alinhada com o tubo
- (5) Ajustar o tamanho e o centro do campo de luz, para cobrir o volume sensível da câmara.
- (6) Fazer quatro exposições (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

Figura 15 – Cálculo do rendimento do tubo de raios-X.

$$R \text{ (mGy/mA min)} = \frac{0,876 \cdot \bar{L} \cdot f_{(P,T)} \cdot 0,01 \cdot 60}{I \cdot t}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Onde:

- \bar{L} = média das leituras em mR;
- $f_{(P,T)}$ = fator de correção para pressão e temperatura;
- t = tempo de exposição em segundos;
- I = corrente em mA.

- Tolerância: entre 30 e 65 uGy/mAs a 1 metro para 80 kV e filtragem total entre 2,5 e 5 mmAl.
- Restrição: <20 ou >80 uGy/mAs.

2.1.13 Camada semi-redutora

Verifica a qualidade do feixe de raios-X e se sua filtração está adequada por meio do seguinte protocolo:

- (1) Selecionar um valor de tensão igual a 80 kVp (medido).
- (2) Selecionar um valor de 20 a 40 mAs.

(3) Posicionar o instrumento de medida (Cobia Smart R/F) dentro do campo de radiação, centralizada em relação ao feixe de raios-X, tal que a distância foco-detector seja de 60 cm.

(4) Realizar três exposições.

(5) Anotar os valores das leituras.

(6) Realizar novas exposições adicionando atenuadores de 0,5 mm ou de 1,0 mm a meia distância entre a câmara de ionização e o detector, até obter uma leitura de exposição inferior à metade do valor inicial.

(7) Anotar todos os valores das leituras.

(8) Retirar as lâminas de alumínio, realizar uma exposição e anotar o valor da leitura (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

Figura 16 – Cálculo da CSR.

$$CSR = \frac{x_b \ln\left(2 \frac{L_a}{L_0}\right) - x_a \ln\left(2 \frac{L_b}{L_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_a}{L_b}\right)}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Onde:

L_0 = Leitura sem as lâminas de Al;

L_a = leitura de exposição imediatamente superior a $L_0/2$;

L_b = leitura de exposição imediatamente inferior a $L_0/2$;

x_a = espessura de Al correspondente à leitura L_a ;

x_b = espessura de Al correspondente à leitura L_b

Tabela 3 – Valores mínimos tolerados da CSR em função da fase e tensão do tubo.

Tensão de Pico (kVp)	CSR(mmAl)	
	Monofásico	Trifásico
-		
70	2,1	2,3
80	2,3	2,6
90	2,5	3,0
100	2,7	3,2
110	3,0	3,5
120	3,2	3,9
130	3,5	4,1

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-90-de-27-de-maio-de-2021-323020973>

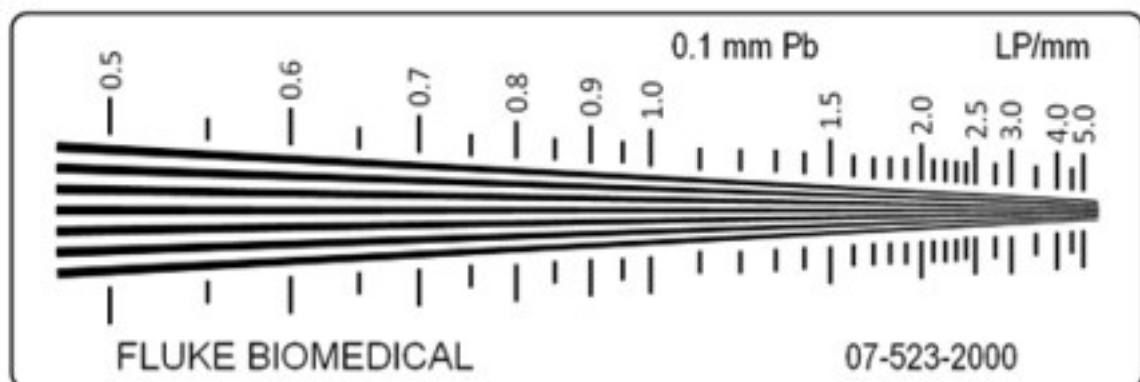
- Restrição: < 20% dos valores da tabela acima.
- Nota: Os valores da tabela já apresentam tolerância de 0,1 mmAl.

2.1.14 Resolução espacial

Avalia a definição da imagem quantificando a resolução em pares de linhas por unidade de distância (pl/mm) seguindo o seguinte protocolo:

- (1) Colocar a placa a uma distância de 100 cm com 50-60 kVp;
- (2) Determinar a resolução limitante inspecionando a radiografia procurando a última seção da barra onde você pode ver claramente uma distinção entre uma linha e o espaço (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

Figura 17 – Placa utilizada no teste de resolução espacial.



<https://www.flukebiomedical.com/products/radiation-measurement/phantoms-test-tools/test-patterns>

- Tolerância: $\geq 2,5$ pl/mm;
- Restrição: $< 1,5$ pl/mm.

2.1.15 Contato tela-filme

Verificar a existência de falhas no contato entre a tela intensificadora de chassis e o filme, que possam provocar artefatos ou distorções nas imagens.

- Tolerância: Sem perda de uniformidade.

2.1.16 Artefatos na imagem

Verifica a existência de artefatos na imagem.

- Tolerância: Imagem sem artefatos.

2.1.17 Vedação da câmara escura

Com as luzes da câmara escura apagadas e com a porta fechada, verifica a existência de possíveis entradas de luz externa para dentro da câmara escura.

- Tolerância: Sem entrada de luz externa;
- Restrição: Velando o filme.

2.1.18 Uniformidade da imagem

Assegura a uniformidade em toda a imagem, realizando a imagem do fantoma utilizando uma placa de cobre na saída do colimador onde se espera uma imagem uniforme de um fantoma homogêneo.

- Tolerância: $\geq 10\%$;
- Restrição: $> 20\%$.

2.1.19 Diferença de sensibilidade entre as placas de fósforo, para receptores de imagem de mesmo tamanho

A estrutura conhecida como imaging plate (IP) consiste em um suporte de poliéster, camada de fósforo, camada protetora e alguns outros tipos de materiais que estão contidos.

Para os IP's estarem conforme a norma AAPM (American Association of Physicists in Medicine) n.º 93 é preciso que o valor do índice de exposição S (número de sensibilidade), a uma exposição de 1 mR, seja igual a 200 ± 20 quando se analisa um único IP, e 200 ± 10 quando todos os IP's forem testados, utilizando-se de um valor médio entre os índices de exposição obtidos.

2.1.20 Exatidão do indicador de dose do detector

Verifica a resposta do dispositivo e eletrônica associada que indica a dose no receptor de imagem seguindo o seguinte protocolo:

(1) Realiza-se duas exposições com mesmo kV e mAs, uma utilizando o medidor de radiação e outra não;

(2) Compara-se a dose indicada pelo equipamento com a dose medida (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

- Tolerância: $\geq 20\%$;
- Restrição: $> 40\%$.

2.1.21 Distorção geométrica

Verificar a exatidão da ferramenta de medida do software do equipamento seguindo o seguinte protocolo:

(1) Realiza-se a radiografia de um objeto com dimensões conhecidas ou com régua graduada ou com marcações com espaçamentos conhecidos;

(2) Fazer medições com a ferramenta de medida do software do equipamento e comparar com as medições reais do objeto (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

- Tolerância: $\leq 2\%$;
- Restrição: $> 4\%$.

2.1.22 Efetividade do ciclo de apagamento

Resíduos de sinais ruidosos advindos de radiação de fundo e também de outras fontes que causam interferência nos IP's podem ser removidos, antes do uso diário pelo processo de ciclo completo de apagamento. O apagamento de cada unidade é tipicamente composto por alta pressão de sódio ou lâmpada fluorescente, isso varia conforme o fabricante e com o modelo da processadora automática.

- Tolerância: Ausência de imagem residual.

2.1.23 Luminância do monitor para diagnóstico ou laudo

Verifica o desempenho do monitor de vídeo por meio do seguinte protocolo:

(1) Com todos os equipamentos para visualização de imagens ligados e com a iluminação do ambiente de acordo com o comumente utilizado para a tarefa, realizar medições sobre a superfície do monitor de vídeo por meio um fotômetro (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

- Tolerância: $\geq 170 \text{ cd/m}^2$.

2.1.24 Luminância do negatoscópio para diagnóstico ou laudo

Verifica o desempenho do negatoscópio por meio do seguinte protocolo:

(1) Com todos os equipamentos para visualização de imagens ligados e com a iluminação do ambiente de acordo com o comumente utilizado para a tarefa, realizar medições sobre a superfície e no centro do negatoscópio com um fotômetro;

(2) Para calcular a uniformidade, fazer medições no centro de cada quadrante;

(3) Para negatoscópios com dois ou mais corpos, realizar as medições para cada corpo (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

- Tolerância: Luminância $\geq 1500 \text{ cd/m}^2$.

2.1.25 Iluminância da sala de laudos

Verificar a iluminância do ambiente onde está instalado equipamento para visualização de imagens, seguindo o seguinte protocolo:

(1) Com os equipamentos para visualização de imagens desligados e com a iluminação do ambiente de acordo com o comumente utilizado para a tarefa, fazer a medição por meio de um luxímetro;

(2) O Luxímetro verifica o fluxo luminoso que incide em uma superfície por unidade de área (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

- Tolerância: $\leq 50 \text{ lx (lúmen/m}^2\text{)}$.

2.1.26 Integridade dos acessórios e equipamentos de proteção individual

Verifica a existência de falhas na blindagem do EPI por meio de imagens radiográficas de todo o EPI além de uma inspeção visual e tátil.

- Tolerância: Íntegros.

2.1.27 Qualidade da imagem

A qualidade de imagem em raios-X é definido por um conjunto de fatores (resolução espacial, resolução de contraste, distorção da imagem, artefatos, etc). Não há um padrão definido internacionalmente para esse teste como no caso da mamografia.

2.1.28 Levantamento radiométrico

Verifica se os níveis de dose equivalente a que estão expostos trabalhadores e o público, em geral, concordam com as restrições estabelecidas na legislação seguindo o seguinte protocolo:

(1)Desenha-se a sala de raios-X, identificando as áreas adjacentes como tubo de raios-x, painel de comandos, biombos, portas e janelas e anotando suas dimensões ou definindo escala apropriada;

(2)Selecionar e identificar os pontos de interesse para medições, situados dentro e fora da sala, registrando os pontos selecionados;

(3)Selecionar a maior tensão do tubo (kVp) adotada nos exames de rotina, registrando o valor selecionado.

(4)Selecionar o tempo de exposição e a corrente adequado ao tempo de resposta do monitor escolhido, evitando sempre atingir a carga máxima do equipamento;

(5)Selecionar o maior tamanho de campo permitido;

(6)Selecionar o modo de detecção a ser utilizado;

(7)Direcionar o feixe de raios-X para a barreira primária a ser avaliada e colocar o objeto espalhador na posição que seria ocupada pelo paciente;

(8)Colocar o objeto espalhador na posição mais frequentemente ocupada pelo paciente;

(9)Repetir para todos os pontos de interesse (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005).

Tabela 4 – O fator de uso (U) é um parâmetro adimensional que indica a fração da carga de trabalho semanal onde determinada barreira de proteção é submetida ao feixe principal de raios-X

Barreira	Fator de Uso (U)
Piso	0,50

Barreira	Fator de Uso (U)
Paredes e teto	0,25

Tabela 5 – O fator de ocupação (T) é um parâmetro adimensional relacionado à área a ser protegida, e corresponde à fração da carga de trabalho onde uma pessoa ou um grupo de pessoas são submetidas a um feixe de raios-X

Ocupação	Local	Fator de Ocupação (T)
Integral	Consultório e recepção	1,00000
Parcial	Sala de espera e circulação interna	0,25000
Eventual	Circulação externa, banheiros e escadas	0,06250
Rara	Jardins cercados e casa de máquinas	0,03125

- Tolerância: Área Livre: $\leq 0,5$ mSv/ano; Área Controlada: $\leq 5,0$ mSv/ano;
- Restrição: Área Livre: $> 1,0$ mSv/ano; Área Controlada: $> 10,0$ mSv/ano.
- Nota: A área de trabalho livre é aquela em que são obedecidos aos limites para indivíduos do público. Nesta área não é obrigatória a presença de um serviço de proteção radiológica. A área de trabalho controlada é aquela em que os valores da radiação são superiores aos limites para indivíduos do público.

2.1.29 Radiação de fuga do cabeçote

Verifica se os níveis da radiação de fuga detectados a 1 m do ponto focal concordam com as restrições estabelecidas na legislação.

Figura 18 – Radiação de fuga do cabeçote.

$$R = \frac{L \cdot I_{m\acute{a}x}}{I}$$

(Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005))

Onde:

R= taxa de kerma corrigida para a corrente máxima de funcionamento contínuo;

L = taxa de kerma na corrente selecionada;

$I_{m\acute{a}x}$ = corrente máxima de funcionamento contínuo

I = corrente selecionada.

- Tolerância: $\leq 1,0$ mGy/h a 1 metro;
- Restrição: $> 2,0$ mGy/h a 1 metro.

2.1.30 Ponto focal

O teste possui o objetivo de avaliar as dimensões do ponto focal. Posiciona-se o chassi (ou o envelope) carregado sobre a mesa ou sobre o suporte apropriado; Posiciona-se o suporte com o padrão de barras sobre o chassi; Alinha-se o padrão de barras com a cúpula; Ajusta-se a distância foco-filme, conforme a especificação do fabricante do padrão de barras; Ajustar-se o colimador, de forma que o padrão de barras esteja totalmente dentro do campo de raios-X; Seleciona-se um dos focos; - É realizada uma exposição utilizando a técnica radiográfica recomendada pelo fabricante do padrão de barras; - Repetir o procedimento para o outro foco.

- Os valores encontrados para os pontos focais devem estar dentro dos limites recomendados pela NEMA (National Electrical Manufacturers Association).

Tabela 6 – Tamanhos de ponto focal recomendadas pela NEMA.

Tamanho nominal do ponto focal	Máximas dimensões recomendadas	
	Largura (mm)	Comprimento (mm)
0,10	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,20	0,30	0,30
0,30	0,45	0,65
0,40	0,60	0,85
0,50	0,75	1,10
0,60	0,90	1,30
0,70	1,10	1,50

Tamanho nominal do ponto focal	Máximas dimensões recomendadas	
0,80	1,20	1,60
0,90	1,30	1,80
1,00	1,40	2,00
1,10	1,50	2,20
1,20	1,70	2,40
1,30	1,80	2,60
1,40	1,90	2,80
1,50	2,00	3,00
1,60	2,10	3,10
1,70	2,20	3,20
1,80	2,30	3,30
1,90	2,40	3,50
2,00	2,60	3,70
2,20	2,90	4,00
2,40	3,10	4,40
2,60	3,40	4,80
2,80	3,60	5,20
3,00	3,90	5,60

3 Metodologia

Como principal parâmetro para elaboração deste trabalho, foi usado o período de estágio na empresa CONSULT MEDICINA RADIOMETRIA E QUALIDADE S/S, no período de 28 de novembro de 2021 a 2 de março de 2022. Acompanhei atividades tais como controle de qualidade e levantamento radiométrico de equipamentos emissores de raios-X em consultórios odontológicos, clínicas e hospitais, bem como a elaboração de laudos para as atividades citadas acima. Experimentei de forma prática a vivência na área de controle de qualidade em diversos equipamentos diferentes e pude ver a importância no controle de qualidade em tais equipamentos com base na Instrução Normativa - IN n.º 90, de 27 de maio de 2021 e RDC 330 vigente a época do estágio.

4 Resultados

Figura 19 – Teste de exatidão dos indicadores da distância foco-receptor em um raio-X localizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).



Figura 20 – Teste de integridade dos acessórios e equipamentos de proteção individual (EPIs) feito no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).



Figura 21 – Placas de alumínio para atenuação do feixe no teste de camada semi-redutora em um raio-X localizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).



Figura 22 – Eletrômetro da câmara de ionização de uso do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).



Figura 23 – Câmara de ionização cilíndrica: Radcal 9015 e uso do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).

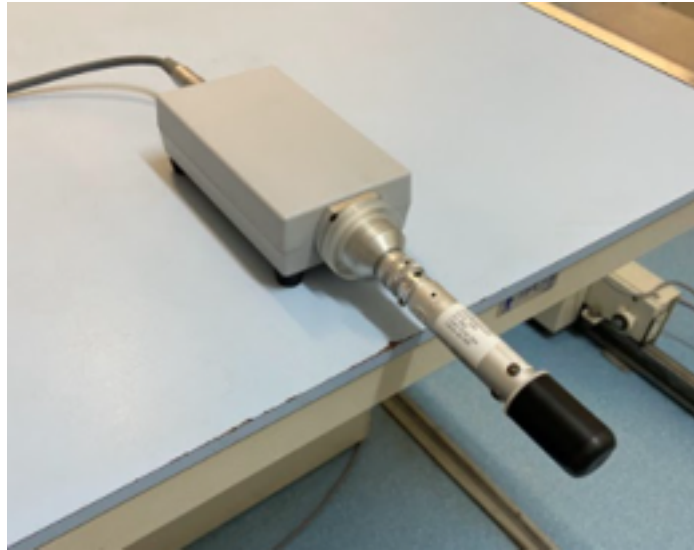


Figura 24 – Posicionamento do CDRAD 2.0 em uma radiografia computadorizada localizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).

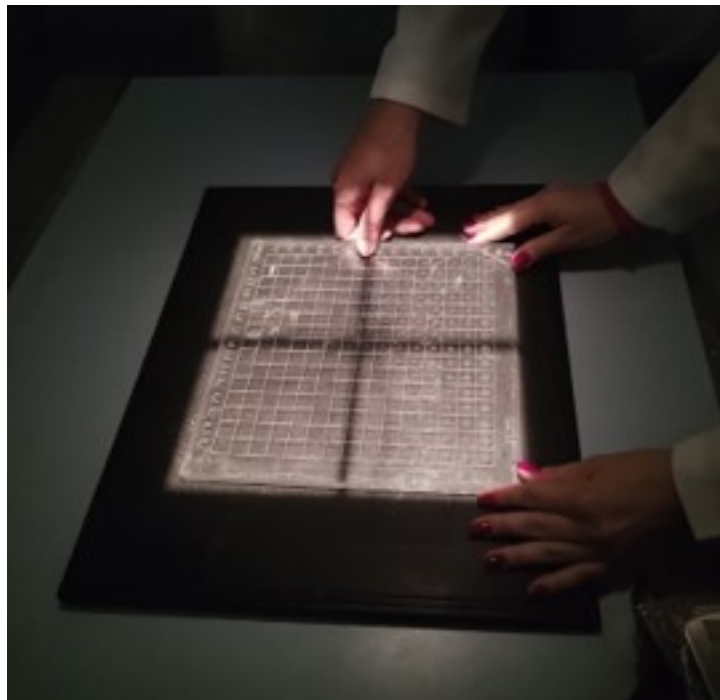


Figura 25 – Teste de rotina CDRAD 2.0 e filtro de 15mm de cobre realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB). Baixo contraste: 8mm e Resolução espacial: 5mm.

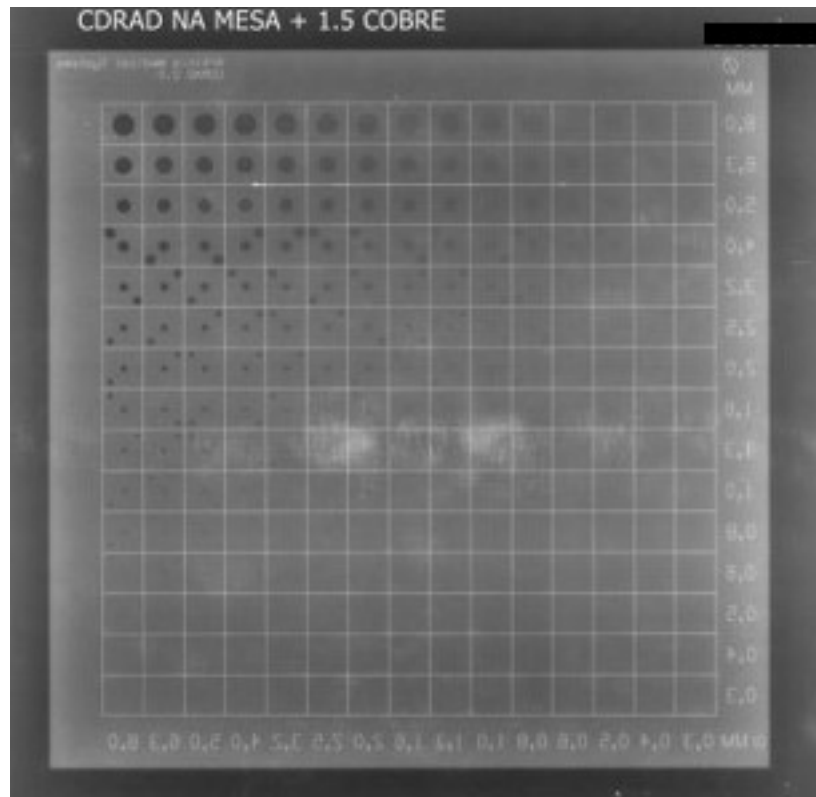


Figura 26 – Dispositivo dos testes de alinhamento do feixe e sistema de colimação.

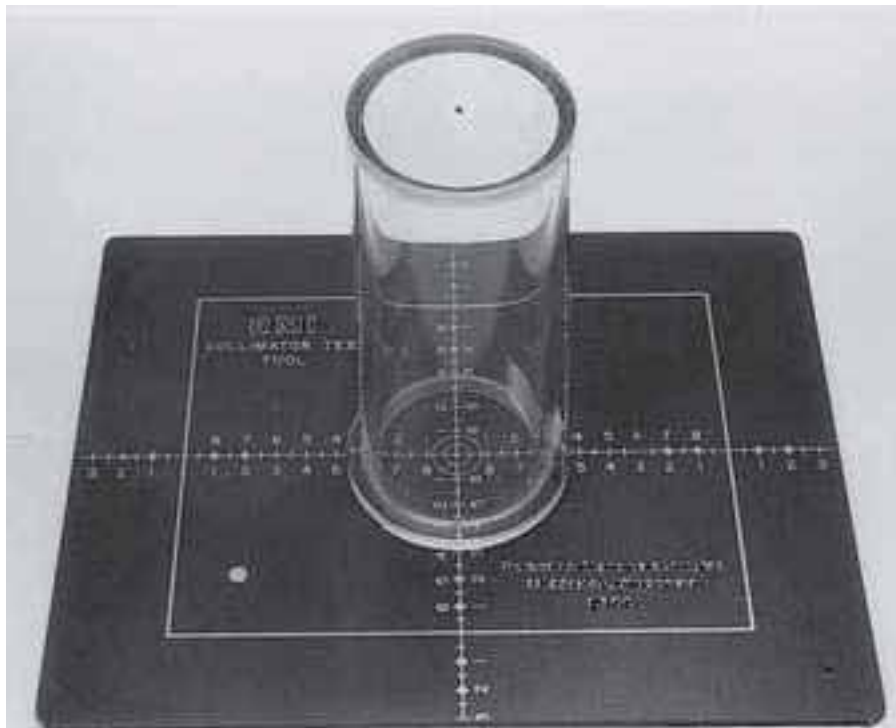


Figura 27 – Teste de exatidão do sistema de colimação. Imagem de coincidência de campos em desacordo.



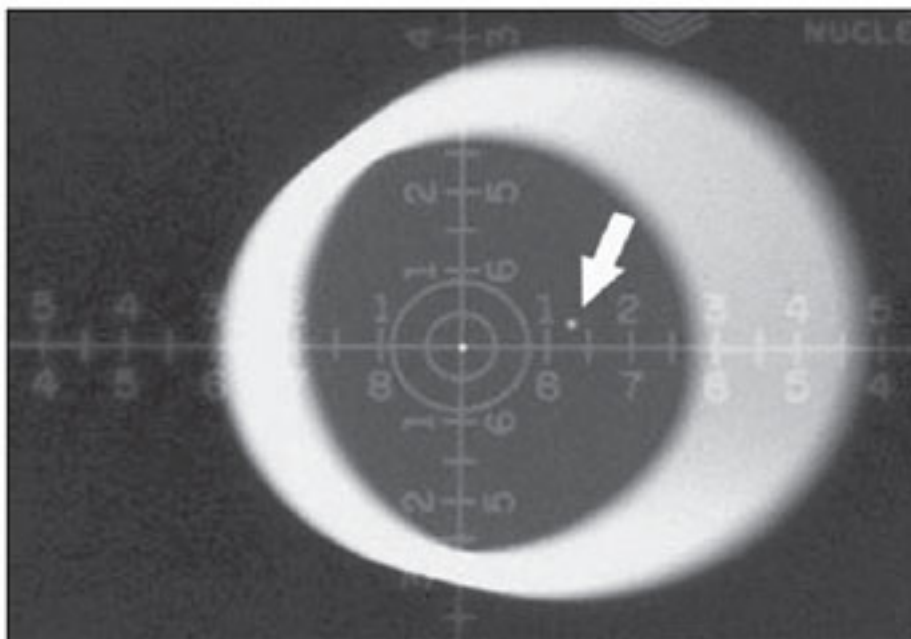
http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2205&idioma=Portugues

Figura 28 – Teste de exatidão do sistema de colimação. Imagem de coincidência de campos em conformidade.



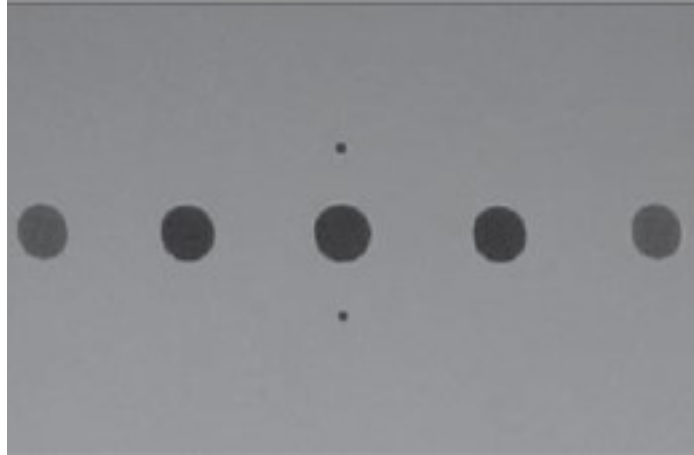
http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2205&idioma=Portugues

Figura 29 – Teste da perpendicularidade do raio central. Imagem da não conformidade da incidência do raio central do feixe de raios-X.



http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2205&idioma=Portugues

Figura 30 – Teste de alinhamento de grade, onde os 2 círculos mais a esquerda devem estar semelhantes em densidade e formato aos 2 círculos mais a direita.



http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1560&idioma=Portugues

Figura 31 – Teste de integridade dos chassis e cassetes onde é possível ver que o mesmo não está íntegro.

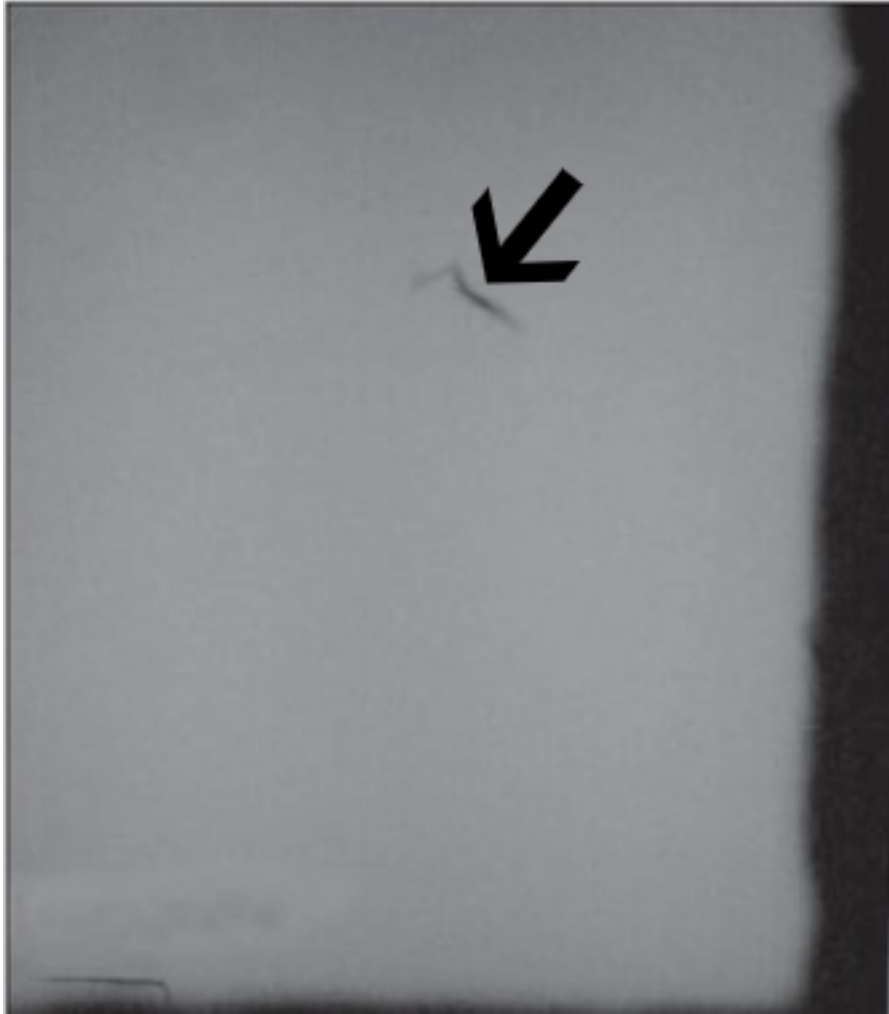


Figura 32 – Teste do contato tela-filme onde é possível observar uma perda de uniformidade.

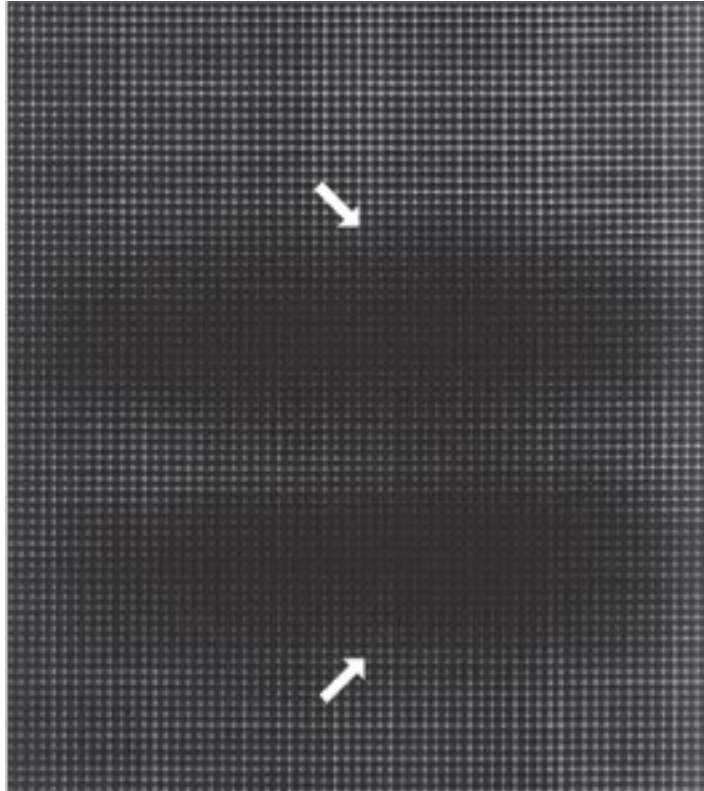
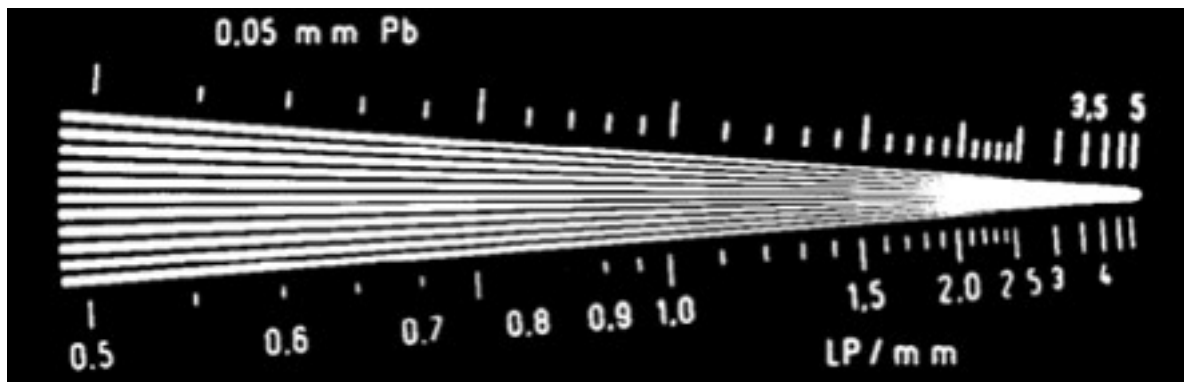


Figura 33 – Teste de resolução espacial onde é possível identificar claramente uma distinção entre linha e espaço até no nível de 1,8.



https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/07_501__omeng0000.pdf

Figura 34 – Teste de valores representativos de dose com a câmara de ionização sobre o fantoma realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).



Figura 35 – Análise da quantidade de pares de linha por milímetro (pl/mm) usando placas de chumbo de modelos: 07-527, 07-553 e 07- 548 realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).



Figura 36 – Teste de resolução espacial realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).

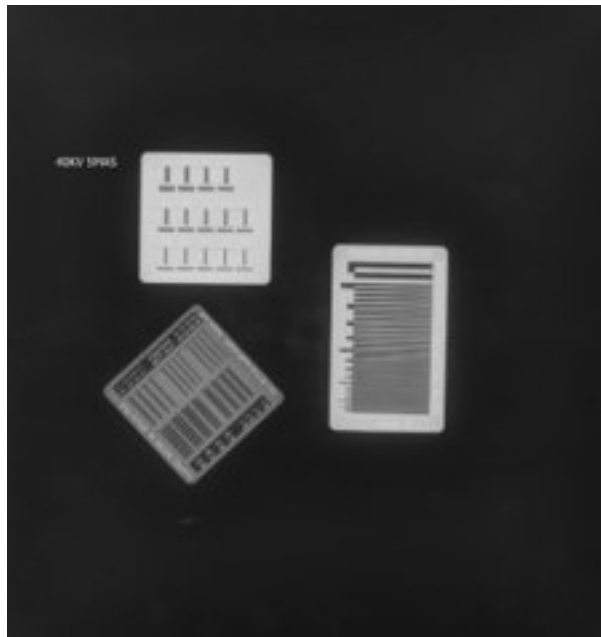
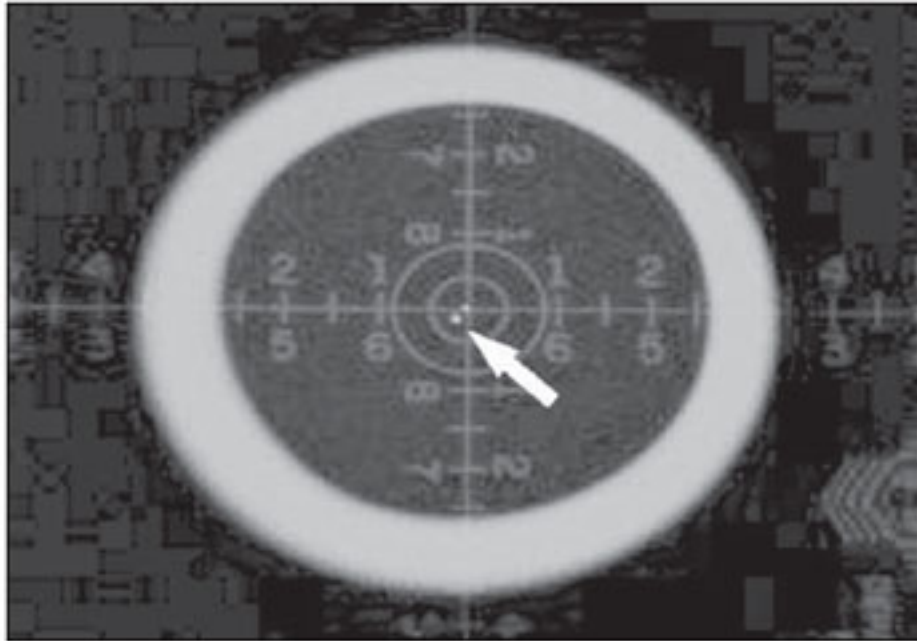


Figura 37 – Teste da perpendicularidade do raio central. Imagem da incidência do raio central do feixe de Raios-X em conformidade.



http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2205&idioma=Portugues

Figura 38 – Medidas do teste de distorção onde a medida real é de 15mm e 225 mm, realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).

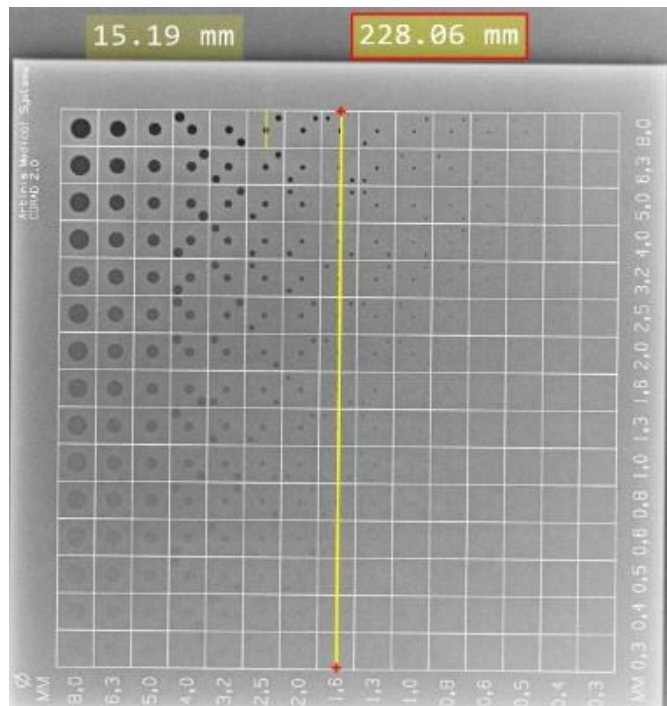
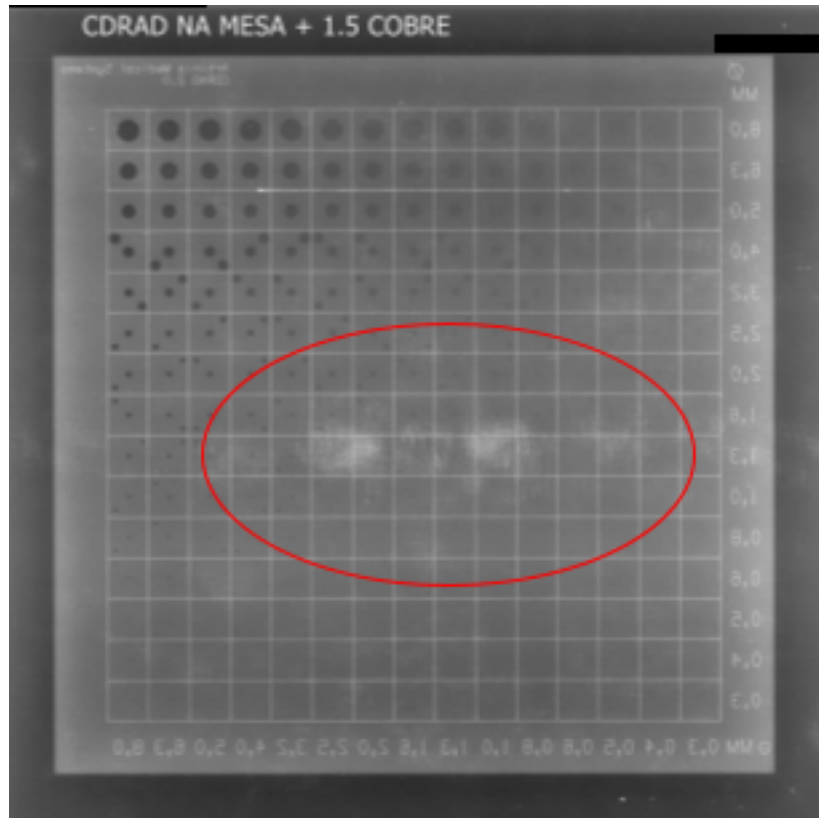


Figura 39 – Teste de rotina com o CD-rad realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB), utilizando 77 kV e 20 mAs, evidenciando os artefatos presentes na imagem.



5 Discussão

Ter margens radiológicas de extrema qualidade é essencial para todos os profissionais de saúde que dependem de exames de imagem para fazer um diagnóstico, determinar o tipo de tratamento ou determinar um procedimento cirúrgico. Com o avanço da tecnologia, a qualidade da imagem em radiologia continua a melhorar a cada novos equipamentos e procedimentos (METTLER, 2001; ALEXANDRE *et al.*, 2005; SOARES, 2008).

Os determinantes da qualidade da imagem giram em torno do conhecimento, competência e qualificação dos profissionais que realizam o exame radiológico. Além de conhecer os equipamentos utilizados, é muito importante que os profissionais tenham conhecimento teórico e prático. Posicionamento do paciente, distância, dose de radiação, tempo de exposição e excelência no funcionamento do equipamento são alguns exemplos e pontos fundamentais para o correto diagnóstico da doença. Além de equipamentos de última geração e softwares de altíssima qualidade, implementar procedimentos de controle de qualidade em clínicas e hospitais, é fundamental para controlar a dose de radiação e gerar imagens de alta qualidade. A Organização Mundial da Saúde define a garantia de qualidade em radiologia diagnóstica como “um esforço organizado pela administração para garantir que imagens suficientes sejam produzidas para fornecer um diagnóstico adequado ao paciente com a menor dose possível”, atingindo um equilíbrio entre a dose e a qualidade da imagem (princípio ALARA) (METTLER, 2001; ALEXANDRE *et al.*, 2005; SOARES, 2008).

6 Conclusão

- Os determinantes da qualidade da imagem giram em torno do conhecimento, competência e qualificação dos profissionais que realizam o exame radiológico;
- Posicionamento do paciente, distância, dose de radiação, tempo de exposição e excelência no funcionamento do equipamento são alguns exemplos e pontos fundamentais para o correto diagnóstico da doença;
- Além de equipamentos de última geração e softwares de altíssima qualidade, implementar procedimentos de controle de qualidade em clínicas e hospitais, é fundamental para controlar a dose de radiação e gerar imagens de alta qualidade;
- A implementação desses procedimentos permite a redução de erros e aumento da precisão e confiabilidade dos resultados;
- Portanto, é importante que empresas de radiodiagnóstico e profissionais de saúde estejam sempre atentos e atualizados quanto aos procedimentos de controle de qualidade clínica (DIRETORIA COLEGIADA DA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2022; DIRETORIA COLEGIADA DA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2021; METTLER, 2001; WILLIAMS, 2014; A SECRETÁRIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL, 1998);
- O meu período de estágio na empresa CONSULT MEDICINA RADIOMETRIA E QUALIDADE S/S, no período de 28 de novembro de 2021 a 2 de março de 2022 me mostrou pontos positivos e negativos sobre o controle de qualidade;
- Os pontos positivos me mostraram a importância de estar sempre atualizado sobre as normativas mais recentes, sobre os aparelhos e softwares mais eficientes e sobre como esse cuidado com os equipamentos e protocolos podem interferir diretamente tanto na renda do hospital ou clínica, como na confiabilidade do mesmo em relação à qualidade da imagem a ser adquirida pelo paciente;
- Os pontos negativos que vi, foram muitos hospitais públicos e privados de cidade menores com uma escassez de profissionais competentes para atuar na área, além de outros hospitais e clínicas que não seguem a frequência correta dos testes e acabam por prejudicar seus pacientes com imagens sem confiabilidade e segurança.

Referências

- A SECRETÁRIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL. PORTARIA FEDERAL N° 453. *PORTARIA FEDERAL N° 453, DE 1 DE JUNHO DE 1998*, Brasil, p. 1 – 65, 1998. Acesso em: 18/10/2022.
- ALEXANDRE, A. C. *et al.* **Radiodiagnóstico Médico**: Desempenho de Equipamentos e Segurança. [S.l.]: Anvisa, 2005.
- CURRY, T. S. I. *et al.* **Christensen's Physics of Diagnostic Radiology**. [S.l.]: Lea & Febiger, 1990. Acesso em: 01/01/2023.
- DIRETORIA COLEGIADA DA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 90, DE 27 DE MAIO DE 2021. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 90, DE 27 DE MAIO DE 2021**, Brasília, p. 1 – 10, 2021.
- DIRETORIA COLEGIADA DA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Nº 51 - DOU – 16/03/22 - Seção 1 – p.107. **RESOLUÇÃO RDC N° 611, DE 9 DE MARÇO DE 2022**, Brasília, p. 1 – 15, 2022.
- FAGUNDES, R. **Como ficam as medidas de proteção radiológica após a revogação da Portaria 453**. 2021a. Disponível em: <https://rdicom.com.br/blog/portaria-453/>. Acesso em: 01/01/2023.
- FAGUNDES, R. **Entenda o que é RDC 330 e quais mudanças ela traz para as instituições radiológicas**. 2021b. Disponível em: <https://rdicom.com.br/blog/rdc-330/>. Acesso em: 01/01/2023.
- GE HEALTHCARE. **As mudanças trazidas pela RDC 611**. 2022. Disponível em: <https://www.gehealthcare.com.br/products/rdc-611>. Acesso em: 01/01/2023.
- GLICK, S. J.; IKEJIMBA, L. C. Advances in digital and physical anthropomorphic breast phantoms for x-ray imaging. **Medical Physics**, July 2018. Acesso em: 12/11/2022.
- INBRARAD. **REVOGADA RDC 330/2019 atualizada como RDC 611/2022**. 2022. Disponível em: <https://inbrarad.org.br/rdc-330-2019-revogada-atualizada-rdc-611-2022/>. Acesso em: 01/01/2023.
- LENG, S. *et al.* Construction of realistic liver phantoms from patient images using 3D printer and its application in CT image quality assessment. **Medical Imaging**, March 2015.
- METTLER, F. Radiological protection of patients in diagnostic and interventional radiology, nuclear medicine and radiotherapy. Proceedings of an international conference. **International Atomic Energy Agency**, September 2001. Acesso em: 28/11/2022.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança. **Ministério da Saúde**, MS, Brasília, 2005. Acesso em: 05/02/2023.
- MOLONEY, F. *et al.* A phantom study of the performance of model-based iterative reconstruction in low-dose chest and abdominal CT: When are benefits maximized? **Radiography**, Elsevier Ltd, v. 24, n. 4, p. 345 – 351, November 2018. Acesso em: 07/11/2022.

PINHEIRO, N. **Ministério disponibiliza manual do Programa para o Fortalecimento das Práticas de Educação Permanente em Saúde no SUS**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2018/agosto/ministerio-disponibiliza-manual-do-programa-para-o-fortalecimento-das-praticas-de-educacao-permanente-em-saude-no-sus>. Acesso em: 23/01/2023.

RIBEIRO, S. **Princípio ALARA**. 2016. Disponível em: <https://www.ceer.es/pt-pt/principio-alara/>. Acesso em: 17/11/2022.

SCAFF, L. A. M. **Física da Radioterapia**. [S.l.]: Sarvier, 1997. Acesso em: 18/11/2022.

SOARES, J. C. de A. C. R. **Princípios de Física em Radiodiagnóstico**. 2008. Disponível em: https://cbr.org.br/wp-content/uploads/2019/06/Apostila-de-Fisica_2008.pdf. Acesso em: 05/11/2022.

STAFF. **NOVA RDC Nº 611 E INSTRUÇÕES NORMATIVAS PARA SERVIÇOS DE RADIOLOGIA DIAGNÓSTICA E INTERVENCIONISTA DA ANVISA**. 2022. Disponível em: <https://www.staffsul.com.br/ensino/nova-rdc-611>. Acesso em: 01/01/2023.

WILLIAMS, J. R. The interdependence of staff and patient doses in interventional radiology. **The British Journal of Radiology**, May 2014.