

Otimização de doses em mamografia digital

Dose optimization in digital mammography

Recebido: 31/08/2024 | Revisado: 11/09/2024 | Aceitado: 12/09/2024 | Publicado: 16/09/2024

Ana Nelly de Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5571-9912>
Santa Marcelina Faculdade, Brasil
E-mail: nelly.anaalmeida@gmail.com

Jean Albucino Costa

<http://lattes.cnpq.br/2962993349076902>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7938-4585>
Santa Marcelina Faculdades, Brasil
E-mail: jean-albcosta@hotmail.com

Denis Honorato Costa

<http://lattes.cnpq.br/012505930555263>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9365-465X>
Universidade Brasil, Brasil
Santa Marcelina Faculdades, Brasil
E-mail: d_hto@hotmail.com

Resumo

A mamografia é um exame de raios-X que desempenha um papel crucial na detecção precoce do câncer de mama e outras condições relacionadas. O objetivo deste estudo é investigar a relação entre a otimização da dose de radiação, a qualidade da imagem mamográfica e a precisão do diagnóstico na mamografia digital, considerando as normas estabelecidas pelos órgãos de saúde e a influência da calibração dos equipamentos de mamografia, visando contribuir para a compreensão dos fatores que afetam a qualidade da imagem e a precisão do diagnóstico na mamografia, com ênfase na importância da dose de radiação adequada e da calibração dos equipamentos, com intuito em aprimorar a detecção precoce do câncer de mama e outras doenças relacionadas à mama. Para tanto, realizou-se uma revisão narrativa da literatura. A qualidade da imagem em mamografias é influenciada por vários fatores, incluindo brilho, contraste, ruído e índice de exposição. O índice de exposição quantifica a quantidade de radiação usada na imagem e é calculado com base em parâmetros como kV, mAs, área irradiada e objetos expostos. A otimização da dose visa obter imagens de alta qualidade com a menor exposição à radiação possível. À medida que mais equipamentos digitais de mamografia são utilizados, a tecnologia automatizada levanta questões sobre o papel dos técnicos na definição dos parâmetros de aquisição de imagem.

Palavras-chave: Mamografia; Dosagem; Radiação; Otimização de Processos; Educação.

Abstract

Mammogram is an X-ray test that plays a crucial role in the early detection of breast cancer and other related conditions. Image quality in mammograms is influenced by several factors, including brightness, contrast, noise, and exposure index. The exposure index quantifies the amount of radiation used in the image and is calculated based on parameters such as kV, mAs, irradiated area and exposed objects. Dose optimization aims to obtain high-quality images with the lowest possible radiation exposure. As more digital mammography equipment is used, automated technology raises questions about the role of technicians in defining image acquisition parameters.

Keywords: Mammography; Dosage; Radiation; Process Optimization; Education.

1. Introdução

Mamografia é um exame que utiliza raios X para análise do tecido mamário, oferece vários benefícios importantes, permitindo a detecção precoce do câncer da mama e de outras doenças relacionadas com a mama, conduzindo potencialmente a resultados de imagens bem-sucedidas. (Cipriano, 2021).

A mamografia digital, representa um avanço significativo na detecção do câncer de mama, permitindo a separação e otimização dos processos de aquisição, demonstração e armazenamento das imagens. A radiação transmitida através da mama é absorvida por um detector eletrônico, que responde com precisão a uma ampla gama de intensidades. Uma vez armazenadas, essas informações podem ser manipuladas por técnicas de processamento de imagem computadorizadas, permitindo ajustes arbitrários de brilho, contraste e ampliação, sem a necessidade de exposições radiológicas adicionais para a paciente. (Freitas et al., 2006).

O processo de otimização na mamografia digital começa pela definição da razão alvo entre contraste e ruído, CNR alvo, levando em consideração a variação da razão entre contraste e ruído em relação à espessura do polimetilmetacrilato (PMMA), bem como os valores aceitáveis para a dose média glandular. Nas últimas duas décadas, foram implementadas tecnologias digitais, com ênfase na mamografia computadorizada e na mamografia digital (Almeida & Peixoto, 2021).

Os órgãos de saúde estabelecem normas para garantir a qualidade da imagem mamográfica, desde 1998, no Brasil, a Portaria MS 453/98 tornou obrigatória a implementação de Programas de Garantia de Qualidade em Radiologia Diagnóstica, a fim de garantir qualidade em mamografia, e como fator importante também avaliar a dose como parte fundamental da otimização, com recomendação de testes utilizando simuladores (Cavalcante, 2019).

A precisão da dose está intimamente ligada à qualidade da imagem mamográfica e, por conseguinte, à precisão do diagnóstico. Embora a calibração dos equipamentos de mamografia seja crucial para garantir imagens de qualidade, alguns aparelhos, mesmo descalibrados, podem permanecer em uso. Em situações como a exposição automática, por exemplo, podem exibir valores que parecem indicar um exame de boa qualidade. (Cavalcante, 2019).

O objetivo deste estudo é investigar a relação entre a otimização da dose de radiação, a qualidade da imagem mamográfica e a precisão do diagnóstico na mamografia digital, considerando as normas estabelecidas pelos órgãos de saúde e a influência da calibração dos equipamentos de mamografia, visando contribuir para a compreensão dos fatores que afetam a qualidade da imagem e a precisão do diagnóstico na mamografia, com ênfase na importância da dose de radiação adequada e da calibração dos equipamentos, com intuito em aprimorar a detecção precoce do câncer de mama e outras doenças relacionadas à mama.

2. Metodologia

Realizou-se uma revisão da literatura no período de agosto de 2023 até outubro de 2023 (Snyder, (2019)). A pesquisa envolveu a busca de artigos completos em repositórios acadêmicos, onde foram identificados artigos publicados nos últimos 15 anos. Priorizou-se artigos revisados nos últimos 5 anos. Após uma avaliação inicial dos resumos, selecionou-se um total de 17 artigos para leitura completa, que constituem o corpus desta revisão sistemática. Para direcionar a pesquisa de maneira clara e objetiva, foram escolhidas as seguintes palavras-chave: Mamografia, dosagem, radiação, otimização de processos e educação.

Os critérios de exclusão tiveram como base a data de publicação dos artigos, a relevância do conteúdo para a pesquisa, o estudo de seleção e a qualidade metodológica.

3. Resultados

Mamografia é um exame que utiliza raios X para análise do tecido mamário, oferece vários benefícios importantes, permitindo a detecção precoce do câncer da mama e de outras doenças relacionadas com a mama, conduzindo potencialmente a resultados de imagens bem-sucedidos (Cipriano, 2021).

Oferecemos diferentes tipos de mamografia: a mamografia convencional utiliza um sistema de tela de filme e equipamento específico para registrar imagens em filme por meio de reações químicas. A mamografia digital, mais recente, obtém imagens por raios X em aparelho dedicado, com detecção individual, resultando em imagens digitais (Souza, 2012).

Na mamografia tela-filme, o controle automático de exposição afeta um papel crucial para garantir que a quantidade adequada de alcance de radiação ou receptor de imagem, resultando na densidade óptica desejada no filme processado. Isso reveste-se de grande importância, pois o gradiente do filme, que influencia o contraste da imagem, está diretamente relacionado com a densidade óptica (Pisano & Yaffe, 2005).

Na mamografia digital é possível controlar o brilho e o contraste da imagem ajustando o sistema de exibição separadamente da aquisição da imagem. Assim, o controle automático de exposição não é necessário para esse fim. Suas principais funções são definir o nível de radiação para melhorar a relação sinal-ruído e dependendo do design do sistema, garantir que as intensidades de radiação não ultrapassem a capacidade do detector ou digitalizador. (Pisano & Yaffe, 2005).

O processo de otimização na mamografia digital começa pela definição da razão alvo entre contraste e ruído, levando em consideração a variação da razão entre contraste e ruído em relação à espessura do polimetilmetacrilato (PMMA), bem como os valores aceitáveis para a dose média glandular. Nas últimas duas décadas, foram implementadas tecnologias digitais, com ênfase na mamografia computadorizada e na mamografia digital (Almeida & Peixoto, 2021).

Na mamografia, os raios-X são gerados quando elétrons colidem com um filamento de tungstênio (cátodo) e são direcionados para um alvo metálico, frequentemente de molibdênio. O filamento de tungstênio é aquecido por uma corrente elétrica, geralmente superior a 200 mAs para exposições curtas. Os elétrons no tubo de raios-X ganham energia térmica suficiente para escapar do cátodo e são alimentados na direção ao ânodo, devido à diferença de potencial elétrico, que normalmente fica abaixo de 35 kVp. Dado que a mamografia é um exame que utiliza doses reduzidas de radiação, a probabilidade de dispersão dos raios-X através do tecido mamário devido ao efeito Compton é relativamente alta (Silvestre, 2012).

O controle automático de exposição ajusta automaticamente a quantidade de radiação de acordo com a espessura da mama comprimida, utilizando sensores e, em equipamentos modernos, microprocessadores para fazer correções durante a exposição (Silvestre, 2012).

A otimização da dose em mamografias é um exemplo disso, onde se busca alcançar imagens de qualidade com doses mínimas de radiação. Isso é feito usando técnicas como o controle automático de exposição (CAE) em uma mama típica, com 50% de tecido glandular e 50% de tecido adiposo, comprimida a 5,3 cm e uma tensão de 28 kVp. Isso permite a obtenção de imagens precisas com a menor exposição possível à radiação, buscando não comprometer a qualidade do exame. (Alvarez, 2012).

A resolução afeta a qualidade da imagem digital, resultando da combinação de fatores como geometria, tamanho do ponto focal, dimensão do pixel e movimento do paciente. A matriz de visibilidade também influencia a resolução, dependendo da capacidade do monitor de imagem. O brilho se refere à intensidade da luz dos pixels na imagem do monitor, afetando a densidade da imagem processada, resulta em menor transmissão de luz. A seleção envolve a representação de tamanho ou forma de objetos específicos, devido à distância objeto-filme e ao alinhamento com o raio central (Silvestre, 2012).

A qualidade da imagem em uma mamografia é afetada por diversos fatores principais, como qualidade, brilho, contraste, ocorrência, ruído e índice de exposição. O índice de exposição, também chamado de valor de sensibilidade, é um número que quantifica a exposição da imagem registrada pelo receptor e é calculado com base na intensidade da radiação recebida, levando em consideração parâmetros como kV, mAs, área total irradiada e objetos expostos (Silvestre, 2012).

Na mamografia, as grandezas essenciais são o Kerma na entrada da pele do paciente e a dose média glandular. Para medir a dose na entrada da pele, usamos um sensor semicondutor ou uma câmara de ionização. As exposições para essa medição simulam as condições de uma incidência crânio-caudal. O sensor semicondutor está posicionado no simulador padrão de mama com espessura de 4,5 cm ou 6 cm, ou então, uma câmara de ionização é colocada no suporte ao lado do simulador padrão da mama. Isso possibilita a leitura do Kerma incidente no ar. É fundamental calibrar previamente o sensor para reproduzir com maior precisão conforme condições do exame. (Silvestre, 2012).

O emprego de um fantoma permite a avaliação da qualidade da imagem em relação ao contraste e a verificação da adequação dos níveis de exposição. Para esse fim, são realizadas através de exposição externa com tensão (kV) variando entre 25 kV e 32 kV, acompanhadas por diferentes correntes (mAs) em cada exposição. Estas instruções são cruciais para garantir a precisão e eficácia dos procedimentos de imagem (Silvestre, 2012).

Nos mamógrafos digitais, os detectores convertem os raios X em sinais elétricos, que são então transformados em imagens digitais por um conversor A/D, eliminando a necessidade de filmes radiográficos. Existem duas modalidades principais de sistemas digitais: o sistema CR (Computed Radiography) e o sistema FFDM (Full Field Digital Mammography). No sistema CR, uma placa de fósforos chamada Image Plate (IP) é usada para armazenar os raios X residuais, que posteriormente são lidos e convertidos em imagens digitais (Cavalcante, 2019).

Os órgãos de saúde estabelecem normas para garantir a qualidade da imagem mamográfica. Desde 1998, no Brasil, a Portaria MS 453/98 tornou obrigatória a implementação de Programas de Garantia de Qualidade em Radiologia Diagnóstica, afim de garantir qualidade em mamografia, e como fator importante também avaliar a dose como parte fundamental da otimização, com recomendação de testes utilizando simuladores (Cavalcante, 2019).

O equipamento de mamografia precisa ser calibrado para garantir que as configurações do painel de controle sejam corretas, incluindo tensão, corrente, tempo e, mAs. O controle elétrico, como um kV mais alto, relacionado ao contraste da imagem, mas também aumenta a radiação espalhada. O tempo de exposição é essencial para controlar a dose de radiação, sendo importante mantê-lo o mais curto possível para minimizar a dose e garantir a conveniência adequada para evitar repetições do exame (Cavalcante, 2019).

Calcular com exatidão a dose de entrada na pele (DEP) pode ser difícil, mas é vital controlá-la para não ultrapassar os limites recomendados, protegendo a saúde da paciente. Como o tecido da mama absorve bastante raios X, isso complica os diagnósticos, ressaltando a importância de precauções especiais (Cavalcante, 2019).

A precisão da dose está intimamente ligada à qualidade da imagem mamográfica e, por conseguinte, à precisão do diagnóstico. Embora a calibração dos equipamentos mamográficos seja crucial para garantir imagens de qualidade, alguns aparelhos, mesmo descalibrados, podem permanecer em uso. Em situações como a exposição automática, por exemplo, podem exibir valores que parecem indicar um exame de boa qualidade (Cavalcante, 2019).

A flutuação na dose está diretamente relacionada ao equipamento utilizado, sendo mais acentuada quando o equipamento está descalibrado, resultando em doses excessivas. O tempo de exposição (mAs) desempenha um papel crucial na dose glandular média (DGM) absorvida pela paciente. Um menor tempo de exposição não apenas reduz a dose, mas também previne artefatos na imagem causados por movimentos do paciente (Cavalcante, 2019).

A dosimetria precisa é crucial para avaliar o risco associado à radiação nos exames de imagem mamária. A estimativa da dose glandular média, é essencial para entender o risco associado à radiação dos exames de imagem mamária. Embora a mamografia digital tenha uma detecção mais precisa do câncer, é fundamental monitorar e minimizar a dose de radiação absorvida. (Di Maria et al. (2022).

O sistema de radiografia computadorizada (CR) utiliza placas de imagem com fósforos foto estimulável que absorvem raios X, criando áreas de energia chamadas de centros-f, que funcionam como poços de energia. Após a exposição, um laser é usado para liberar elétrons dessas áreas e formar uma imagem latente. Dispositivos sensíveis à luz, como tubos fotomultiplicadores ou fotodiodos, detectam fótons e digitalizam a intensidade de luz, armazenando essa informação para criar a imagem final (Alvarez, 2012).

A imagem resultante da radiografia é processada usando algoritmos de segmentação, reescalonamento e filtragem. O tamanho da matriz de imagem depende do tamanho da placa de imagem (geralmente 18 cm x 24 cm ou 24 cm x 30 cm em mamografia) e do passo de amostragem de pixel (tipicamente de 50 a 100 micrômetros). As imagens finais ocupam cerca de 30 MB para uma mamografia com matriz de 4600 pixels x 3500 pixels (Alvarez, 2012).

Diferentes materiais, como Iodeto de Césio (CsI) e Fluorohalogeneto de Bário (BaFBr), são usados como cintiladores para absorver raios X. O CsI é eficiente e comumente usados em sistemas digitais, enquanto o Gd₂O₂S é usado em sistemas tela-filme, embora tenha uma eficiência menor, exigindo maior exposição aos raios X para manter a qualidade da imagem (Alvarez, 2012).

Em imagens digitais, o contraste pode ser ajustado após a aquisição, adaptando os tons de cinza nos monitores (Alvarez, 2012).

O sinal digital de uma imagem radiográfica é proporcional à quantidade de radiação que passa pelo paciente, podendo ser diretamente ou algoritmicamente relacionado. Em sistemas digitais, o processamento de imagem, geralmente controlado pelo fabricante do equipamento, define a faixa ideal de tons de cinza para a interpretação da imagem, seja em cópias impressas ou eletrônicas. A faixa dinâmica de um sistema de raios X é a relação entre a maior e a menor exposição de raios X que o sistema pode capturar e processar (Alvarez, 2012).

Nos sistemas CR, a principal causa de perda de resolução ocorre devido ao espalhamento da luz do feixe de laser durante a leitura da placa (Alvarez, 2012).

Em situações em que os efeitos determinísticos da radiação não sejam predominantes, assume-se uma propriedade estocástica dos efeitos para calcular riscos. O modelo linear sem limites é amplamente utilizado para gerenciar riscos relacionados à exposição à radiação. Isso leva ao princípio ALARA, que significa "As Low As Reasonably Achievable" (Tão Baixo Quanto Razoavelmente Exequível), onde a dose de radiação deve ser mantida tão baixa quanto possível, desde que o exame seja praticável (Alvarez, 2012).

Os mamógrafos contam com um sensor chamado CAE, ou detector fotocélula, responsável por avaliar a quantidade de radiação que atinge o receptor. Este detector encerra a exposição assim que a dose atinge um valor predefinido, correspondente à dose ótima desejada para a imagem no filme. Esse componente está presente em todos os equipamentos que possuem sistemas automáticos ou semiautomáticos de exposição (INCA, 2019).

Em mamógrafos digitais diretos (DR), o controle automático de exposição usa toda a matriz detectora em vez da fotocélula. Isso significa que o mamógrafo faz automaticamente esse controle (INCA, 2019).

Para obter a melhor exposição, é importante colocar a fotocélula numa parte representativa da mama, geralmente no terço da frente. Isso é crucial porque nessa área há mais glândulas mamárias, já que a variação entre tecidos glandulares e adiposos é maior perto da parede torácica. Se não for feito assim, há mais chance de a fotocélula ficar em uma área que não representa adequadamente a mama (ANVISA, 2023).

Nos mamógrafos modernos, o Controle Automático de Exposição (CAE) é automaticamente ajustado por computador, mas é crucial que todos os mamógrafos ofereçam a opção de controle manual da exposição. Em determinadas situações, como quando há implantes de silicone nas mamas, o técnico precisa escolher manualmente os valores de kV e, mAs

para evitar que a fotocélula intérprete erroneamente a alta radiodensidade dos implantes, o que poderia resultar em uma sobre-exposição do tecido mamário à radiação (ANVISA, 2023).

O número de mamógrafos digitais está em constante crescimento, impulsionado pela demanda por diagnósticos mais precisos. No entanto, a incorporação de tecnologias automatizadas nesses equipamentos levanta considerações sobre o papel do técnico, que ainda desempenha um papel crucial na definição de parâmetros essenciais para a obtenção de imagens (Oliveira et al., 2019).

Assim, os ajustes técnicos, como kV e, mAs, variavam conforme a densidade da mama. A adoção de técnicas automáticas em situações desafiadoras requer uma abordagem mais refinada pelos profissionais, visando equilibrar a dose sem comprometer a qualidade da imagem. Além disso, destaca-se a importância de treinamento contínuo para garantir que os profissionais atendam às políticas de saúde e às normas legais em vigor (Oliveira et al., 2019).

Em sistemas digitais, o processamento de imagens, geralmente sob a alçada do fabricante do equipamento e não sujeito ao controle direto do radiologista, desempenha o papel crucial de estabelecer uma faixa ótima de visualização de gradientes de cinza na imagem não processada. Esse procedimento resulta na criação da imagem processada final, destinada à interpretação tanto em formas impressas quanto em formatos eletrônicos (Alvarez, 2012). Procedimentos fundamentais, como a mamografia e a ultrassonografia, desempenham um papel crucial na identificação precoce do câncer de mama (Oliveira et al., 2019).

Tecnologias adicionais, como ressonância magnética, tomossíntese, tomografia por emissão de pósitrons (PET) e técnicas contrastadas, têm evidenciado eficácia. Contudo, requerem estudos aprofundados para aprimorar a especificidade e acessibilidade do procedimento à população, visando reduzir custos (Oliveira et al., 2019).

Em casos em que os efeitos previsíveis da radiação não são proeminentes, optamos por considerar a natureza aleatória desses efeitos ao calcular riscos. Utilizar o modelo linear sem limiar ainda é reconhecido como a abordagem mais eficaz para lidar com questões de gestão de riscos relacionadas à exposição à radiação (Alvarez, 2012).

Essas reflexões seguem o princípio de que a dose usada para qualquer propósito deve ser mantida tão baixa quanto possível, considerando a viabilidade prática. Esse princípio é conhecido como ALARA, abreviação de "As Low As Reasonably Achievable" em inglês. Em resumo, o ALARA é empregado na otimização das doses em exames, especialmente na busca por níveis de radiação adequados em mamografias conforme critérios internacionais para garantir uma qualidade de imagem mamográfica aceitável (Alvarez, 2012).

Na gestão de recursos tecnológicos, é crucial que futuros radiologistas, tecnólogos, técnicos e equipe multidisciplinar aprendam a utilizar eficientemente equipamentos radiológicos sofisticados e de alto custo. O uso intensivo e diário desses equipamentos impacta as rotinas dos exames, desde a realização até a interpretação, melhorando a qualidade das imagens e a precisão dos laudos. (Oliveira, et.al, 2014).

É crucial estabelecer interações entre os alunos e os docentes do curso de Tecnologia em Radiologia com o campo de trabalho, visando à construção do conhecimento e ao aprimoramento da formação profissional por meio da extensão, da pesquisa e do aprofundamento do ensino. Os cursos superiores de tecnologia necessitam de constante reorganização e reelaboração, devendo ser interdisciplinares, propiciando a construção de conhecimento contextualizado que dê significado ao aprendizado (Oliveira et al., 2019).

Os avanços tecnológicos e científicos da área de radiologia e diagnóstico por imagem permitem a qualificação profissional pela aquisição de novas competências e habilidades durante a residência médica e cursos de especialização de acordo com as aptidões e expectativas dos alunos, desde que oportunidades sejam oferecidas para que estes possam adquiri-las (Silva et al., 2007).

Mesmo com equipamentos digitais cada vez mais avançados, ainda há muitos usuários na área da saúde que não têm acesso a essa tecnologia. Isso ressalta a necessidade de aprimoramento e capacitação dos profissionais técnicos em Radiologia, especialmente aqueles com especialização em Mamografia, devido à tecnologia empregada nesses equipamentos. Embora esses aparelhos possam obter imagens por meio de sistemas quase que totalmente automatizados, a presença de um profissional é essencial para avaliar e garantir a melhoria da qualidade das imagens (Oliveira et al., 2019).

A tecnologia avançada dos equipamentos cria uma crescente dependência, especialmente de sistemas automáticos de exposição. Contudo, esses dispositivos, embora melhorem a obtenção de imagens, também podem restringir as ações dos profissionais devido a parâmetros técnicos. Frequentemente, os técnicos utilizam procedimentos automáticos de maneira simplificada, não explorando totalmente as opções de eficiência disponíveis (Oliveira et al., 2019).

O técnico em mamografia é responsável pela qualidade do exame e desempenha um papel crucial para tranquilizar o paciente e transmitir confiança, através de sua postura e atenção aos detalhes (INCA, 2019).

4. Discussão

Em radiologia, Almeida e Peixoto (2021) destacam a importância de otimizar tanto a dose no paciente quanto a qualidade da imagem para alcançar a precisão no diagnóstico. O sistema mamográfico mostrou conformidade em termos de reprodutibilidade e linearidade nos parâmetros radiográficos, mas as doses na pele e na glândula mamária excederam os valores de referência estabelecidos.

Conforme Cavalcante (2019) a dose está ligada à qualidade da imagem mamográfica, afetando a precisão do diagnóstico. A calibração dos equipamentos é crucial para obter imagens de qualidade. Mesmo equipamentos descalibrados podem parecer adequados, mas a calibração correta é essencial para diagnosticar o câncer de mama com segurança, garantindo parâmetros como dosagem, tensão, corrente e tempo de exposição apropriados.

Di Maria et al. (2022), realça que os esforços contínuos para otimizar os programas de triagem do câncer de mama visam equilibrar os benefícios da detecção precoce com os riscos da exposição à radiação, destacando a importância de reduzir a dose absorvida sem comprometer a qualidade da imagem.

Segundo Oliveira et al. (2019) é importante que os profissionais melhorem o uso de técnicas automáticas em situações desafiadoras de combinação alvo-filtro. Isso deve ser feito para priorizar a dose sem comprometer a qualidade da imagem radiográfica. Além disso, destaca-se a necessidade de treinamento contínuo para que os profissionais atendam às políticas de saúde e à legislação. Apesar da relação entre a densidade mamária e a espessura da compressão da mama na literatura, isso não impacta diretamente nos resultados apresentados.

Kallergi, Carney e Gaviria (1999) destacam a importância de avaliar algoritmos de detecção em mamografia digital, ressaltando que a precisão desses algoritmos é essencial para a detecção precoce do câncer de mama. Eles observam que a eficácia dos algoritmos pode variar amplamente com base nos parâmetros utilizados e nas características das imagens analisadas. Além disso, os autores enfatizam a necessidade de comparar diferentes algoritmos de forma sistemática e padronizada para garantir resultados confiáveis.

De acordo com Alvarez (2012) destaca que os algoritmos mostraram um desempenho excelente no teste de controle de qualidade da imagem mamográfica. Eles podem ser usados em testes de rotina, substituindo radiologistas em procedimentos regulares de controle de qualidade. Esses algoritmos conseguem realizar uma avaliação precisa, incluindo a identificação e eliminação de falsos positivos causados por artefatos ou no processamento da imagem.

Segundo Alvarez (2012) destaca que o princípio ALARA foi aplicado ao escolher uma técnica mamográfica que produza imagens com qualidade aceitável para o diagnóstico, utilizando a menor dose disponível no equipamento. Em resumo,

a técnica usada para obter uma radiografia com pontuação mínima no teste de qualidade da imagem foi escolhida como a técnica otimizada, levando em consideração características típicas da mama.

Entretanto, Silvestre (2012) explica que ao considerarmos os valores da dose glandular, observamos que ela é mais baixa para tensões de 25 kV e 27 kV, enquanto é mais alta para doses de 30 kV e 32 kV em comparação com a tensão de 28 kV. Isso ocorre porque ao aumentar a tensão aplicada (kV), é possível reduzir a carga (mAs) para manter uma qualidade de imagem similar. Destaca-se que um nível aceitável de resolução de contraste e CNR permite uma redução considerável na exposição.

Souza e Nunes (2021) aborda a importância do controle de qualidade em mamografia digital para garantir diagnósticos precisos e seguros. Segundo os autores, ações de controle de qualidade são necessárias para assegurar a funcionalidade do equipamento digital e a obtenção de uma imagem mamográfica adequada. Eles destacam que a precisão no diagnóstico do câncer de mama depende diretamente dessas ações.

Oliveira, et.al (2014) enfatizam a importância de integrar habilidades complementares, como aquelas relacionadas à seleção, escolha, aquisição e manutenção de equipamentos, levando em conta suas aplicações diagnósticas, custos, atualização e substituição tecnológica. Isso contribui para a tomada de decisões, planejamento e organização dos serviços de radiologia.

Sendo assim, os autores citados destacam a importância da otimização da dose e da qualidade da imagem em procedimentos radiográficos, especialmente na mamografia. A calibração adequada dos equipamentos, o uso de técnicas automáticas em situações desafiadoras e a aplicação do princípio ALARA são enfatizados como elementos cruciais para garantir diagnósticos precisos com menor exposição aos pacientes. A consideração cuidadosa das tensões aplicadas e suas relações com a dose glandular revela estratégias para manter a qualidade da imagem enquanto reduz a exposição. A constante capacitação dos profissionais é apontada como essencial para atender às diretrizes de saúde e legislação. Em conjunto, essas abordagens visam não apenas à eficácia diagnóstica, mas também à segurança dos pacientes durante procedimentos radiográficos.

5. Considerações Finais

Em conclusão, a evolução das tecnologias digitais na mamografia, como a mamografia computadorizada (CR) e digital (DR), representa um marco significativo na detecção precoce do câncer de mama. A centralidade da otimização, visando equilibrar cuidadosamente a dose e a qualidade da imagem, emerge como um pilar essencial para garantir diagnósticos seguros. As rigorosas regulamentações de qualidade, e a importância da formação contínua dos profissionais destacam-se como garantias fundamentais para manter a excelência nos procedimentos de mamografia. Consequentemente, a implementação de técnicas avançadas, como radiografia computadorizada e sistemas digitais, destaca-se pela eficiência, contribuindo para otimizar o contraste e seguir o princípio ALARA. A interdependência entre otimização, qualidade da imagem e formação profissional, delineada ao longo deste processo evolutivo, serve como alicerce crucial para a eficácia diagnóstica e a segurança do paciente. Este campo dinâmico demanda uma abordagem adaptativa e abrangente para enfrentar desafios contínuos e progredir em direção a diagnósticos cada vez mais precisos na detecção do câncer de mama.

Para agregar valor ao artigo, recomendamos que pesquisas futuras abordem a otimização de doses em mamografia digital, priorizando métodos que equilibrem a qualidade da imagem e a exposição à radiação. Investigações poderiam focar em técnicas avançadas de processamento de imagem que possibilitem a redução da dose sem comprometer a precisão diagnóstica. Além disso, a comparação de diferentes protocolos de dose em diversas populações pode oferecer insights importantes sobre a personalização dos exames de mamografia. A utilização de inteligência artificial para ajustar automaticamente os parâmetros de dose com base nas características individuais das pacientes também é uma área promissora para estudos. Essas estratégias

não apenas melhoram a segurança e a eficácia dos exames, mas também incentivam a citação e referência do artigo por leitores interessados em aplicar essas inovações.

Referências

- Almeida, C. D., & Peixoto, J. E. (2021). *Otimização da dose e da qualidade da imagem em mamografia digital usando a razão contraste-ruído*. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 9 (1). <https://doi.org/10.15392/bjrs.v9i1.1380>.
- Alvarez, M. (2012). *Otimização de imagens de mamografia computadorizada*. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Botucatu, 2012. <http://hdl.handle.net/11449/97998>.
- Cavalcante, A. L. C. (2019). *Fatores que influenciam na variação de dose nos exames mamográficos*. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Biomédica - Universidade Federal de Uberlândia, 2019. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25582>.
- Cipriano, C. D. C. (2021). *A importância do exame de mamografia na detecção precoce do câncer de mama*. Trabalho de Conclusão de Curso de licenciatura de formação pedagógica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP. <http://repositorio.ifap.edu.br/jspui/handle/prefix/427>.
- Di Maria, S., Vedantham, S., & Vaz, P. (2022). *X-ray dosimetry in breast cancer screening: 2D and 3D mammography*. *European Journal of Radiology*, 151, 110278. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0720048X22001280>.
- Freitas, A. G. D., Kemp, C., Louveira, M. H., Fujiwara, S. M., & Campos, L. F. (2006). Mamografia digital: perspectiva atual e aplicações futuras. *Radiologia Brasileira*, 39, 287-296. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842006000400012>
- Kallergi, M., Carney, G. M., & Gaviria, J. (1999). Evaluating the performance of detection algorithms in digital mammography. *Medical physics*, 26(2), 267–275. <https://doi.org/10.1118/1.598514>
- Ministério da Saúde, Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA). (2019). *Atualização em mamografia para técnicos em radiologia (2ª ed. rev. atual.)*. https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/atualizacao_mamografia_tecnicos_radiologia_2ed_rev_atual.pdf
- Oliveira, A. F. D., Lederman, H. M., & Batista, N. A. (2014). O aprendizado sobre a tecnologia no diagnóstico por imagem. *Radiologia Brasileira*, 47, 18-22. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842014000100009>
- Oliveira, S., Guerra, N., & Albrecht, A. (2019). Análise dos parâmetros técnicos automáticos em exame de mamografia digital. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 7(1A (Suppl.)). <https://doi.org/10.15392/bjrs.v7i1A.323>
- Pisano, E. D., & Yaffe, M. J. (2005). *Digital mammography*. *Radiology*, 234(2), 353–362. <https://doi.org/10.1148/radiol.2342030897>
- Sarau, S. T., Rodrigues Junior, O. R. L. A. N. D. O., & Potiens, M. D. *Instrução Normativa n 54 da ANVISA e a importância dos testes de aceitação e controle de qualidade em serviços mamográficos*. <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/31839>.
- Silva, G. C. C. D., Koch, H. A., & Sousa, E. G. D. (2007). O perfil do médico em formação em radiologia e diagnóstico por imagem. *Radiologia Brasileira*, 40, 99-103. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842007000200007>.
- Silvestre, C. R. *Otimização de dose em mamografia [Dissertation]*. Lisboa: Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa/Instituto Politécnico de Lisboa; 2012. <http://hdl.handle.net/10400.21/2315>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology. *Journal of Business Research*, v.104, p.333-339.
- Souza, A. V. D., & Nunes, P. F. (2021). *Controle de qualidade em mamografia digital*. <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1803/TCC%20CQ%20Mamografia%20Digital%20Aline%20Souza%20Patr%C3%ADcia%20Francisco.pdf>
- Souza, F. H. (2012). *Mamografia digital em comparação com mamografia convencional no rastreamento de câncer de mama no Brasil: revisão sistemática, custo da doença e análise de custo-efetividade no Sistema Único de Saúde*. <http://hdl.handle.net/10183/76211>