

FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA – FACENE

EDUARDO BARBOSA DA COSTA

**MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE RADIOGRAFIAS
DIGITAIS**

JOÃO PESSOA
2024

EDUARDO BARBOSA DA COSTA

**MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE RADIOGRAFIAS
DIGITAIS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentada à Faculdade de Enfermagem
Nova Esperança - Facene, como exigência
para obtenção do título de Tecnólogo em
Radiologia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Alex Cristóvão
Holanda de Oliveira

JOÃO PESSOA

2024

C871m

Costa, Eduardo Barbosa da
Métodos de otimização para a aquisição de radiografias
digitais / Eduardo Barbosa da Costa. – João Pessoa, 2024.
13f.; il.

Orientador: Prof^o. Alex Cristovão Holanda de Oliveira.
Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em
Radiologia) – Faculdade Nova Esperança – FACENE.

1. Proteção Radiológica 2. Radiodiagnóstico. 3.
Melhoramento de Qualidade. I. Título.

CDU: 615.849

EDUARDO BARBOSA DA COSTA

**MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE RADIOGRAFIAS
DIGITAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado pelo aluno Eduardo Barbosa da Costa, do curso de Tecnologia em Radiologia da Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE, tendo obtido o conceito de _____, conforme a apreciação da banca examinadora constituída pelos professores:

Aprovado em: _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alex Cristóvão Holanda de Oliveira
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

Prof.^a Dra. Poliane Angelo de Lucena Santos
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

Prof. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE

MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE RADIOGRAFIAS DIGITAIS

COSTA, E. B.; OLIVEIRA, A. C. H.

RESUMO

A radiografia é uma das técnicas de imagem médica mais comumente, sendo essencial no diagnóstico de diversas condições, como fraturas, infecções pulmonares e doenças articulares. A captura da imagem radiográfica pode ocorrer em sistemas analógicos ou digitais. Os sistemas digitais oferecem vantagens significativas em relação ao método analógico, como a capacidade de manipulação da imagem, melhor armazenamento e compartilhamento, e a redução da exposição à radiação. O objetivo principal deste trabalho é apresentar os métodos de otimização que podem ser utilizados para aquisição de radiografias digitais, especificamente sobre a escolha de técnicas apropriadas para os diferentes tipos de exames, por meio de uma pesquisa bibliográfica descritiva. As práticas de otimização em radiografia, de maneira geral, consistem em: (1) ajustar os parâmetros de aquisição, principalmente tensão (kVp) e produto corrente-tempo (mAs) do tubo de raios-X de acordo com o tipo de exame e o biotipo do paciente; (2) utilizar ou não filtros adicionais no feixe de raios-X para ajuste do espectro; e (3) implementar algoritmos computacionais para melhoramento das imagens. As otimizações pelos parâmetros de aquisição são realizadas aumentando o kVp e diminuindo o mAs. Uma técnica de otimização bastante conhecida consiste em aumentar o kVp em 15% e reduzir o mAs em 50%. Porém, o uso de tensões mais altas estão associadas a uma menor relação contraste-ruído. Em relação ao uso de filtros adicionais, os resultados mostram que o uso de filtros de cobre com espessura variando entre 0,1 e 0,3 mm reduzem consideravelmente a dose, mantendo a qualidade da imagem. O uso de algoritmos computacionais para otimização em radiografia mostrou-se bastante eficaz para vários tipos de exames, podendo ser utilizado de maneira automática. Após implementado, geralmente pelo fabricante, os parâmetros de aquisição devem ser ajustados para a otimização. Para a prática, recomenda-se que o aumento do kVp com a redução do mAs seja feita preferencialmente para pacientes maiores do que a média da população e o uso de filtros adicionais para exames da coluna torácica e lombar, sempre utilizando uma colimação adequada.

PALAVRAS-CHAVE: Proteção Radiológica, Radiodiagnóstico, Melhoramento de Qualidade.

OPTIMIZATION METHODS FOR DIGITAL RADIOGRAPHY ACQUISITION

COSTA, E. B.; OLIVEIRA, A. C. H.

ABSTRACT

Radiography is one of the most commonly used medical imaging techniques, essential for diagnosing various conditions such as fractures, lung infections, and joint diseases. Radiographic imaging can be performed using analog or digital systems. Digital systems offer significant advantages over analog methods, including image manipulation capabilities, improved storage and sharing options, and reduced radiation exposure. The main objective of this study is to present optimization methods for acquiring digital radiographs, focusing on selecting appropriate techniques for different types of examinations through descriptive bibliographic research. Optimization practices in radiography generally involve: (1) adjusting acquisition parameters, primarily tube voltage (kVp) and tube current-time product (mAs), based on the type of examination and the patient's body type. (2) Using additional X-ray beam filters to adjust the spectrum, when applicable. (3) Implementing computational algorithms to enhance image quality. Optimizing acquisition parameters typically involves increasing the kVp while reducing the mAs. A well-known optimization technique involves increasing the kVp by 15% and reducing the mAs by 50%. However, using higher voltages is associated with a lower contrast-to-noise ratio. Regarding the use of additional filters, studies have shown that copper filters with thicknesses ranging from 0.1 to 0.3 mm can significantly reduce the radiation dose while maintaining image quality. The application of computational algorithms for radiographic optimization has proven highly effective across various examination types and can often be automated. Once implemented—usually by the equipment manufacturer—acquisition parameters must be adjusted to ensure optimization. In practice, increasing the kVp while reducing the mAs is recommended primarily for patients larger than the average population. Additionally, the use of supplementary filters is advisable for thoracic and lumbar spine examinations, always combined with appropriate collimation.

KEYWORDS: Radiation Protection, Radiodiagnosis, Quality Improvement.

1. INTRODUÇÃO

A radiografia é uma das técnicas de imagem médica mais comumente utilizadas devido à sua capacidade de representar detalhadamente estruturas ósseas e alguns tecidos moles, sendo essencial no diagnóstico de diversas condições, como fraturas, infecções pulmonares e doenças articulares (SBR, 2022). Além de seu uso em situações de emergência, a radiografia é importante para rastrear problemas de saúde de longo prazo, como osteoartrite e tuberculose pulmonar (LUCIANO et al. 2024).

A captura da imagem radiográfica pode ocorrer em sistemas analógicos ou digitais. Nos sistemas analógicos, a imagem é formada em um filme fotográfico exposto aos raios-X, que posteriormente passa por um processo de revelação química. Já nos sistemas digitais, podem ser de dois tipos: a radiografia computadorizada (CR - Computed Radiography) e a radiografia digital (DR - Digital Radiography) (ALBUQUERQUE et al., 2016).

No sistema CR, a imagem é inicialmente capturada em uma placa de material de luminescência opticamente estimulada, que armazena a energia dos raios-X em forma de uma imagem latente. Após a exposição, a placa é digitalizada em um equipamento chamado leitora, que utiliza um laser para liberar a energia armazenada (LAZARO et al., 2016).

A DR utiliza receptores com detectores eletrônicos para produção das imagens radiográficas de maneira direta, resultando em uma maior eficiência e qualidade das imagens. Isso representou uma evolução significativa na tecnologia radiográfica, com novos detectores e recursos sendo desenvolvidos (BONATES, 2020). No sistema DR, os raios-X são convertidos diretamente em sinais elétricos, os quais são processados em tempo real para gerar imagens digitais (SILVA et al., 2019).

Os sistemas digitais oferecem vantagens significativas em relação ao método analógico, como a capacidade de manipulação da imagem, melhor armazenamento e compartilhamento, e a redução da exposição à radiação (WHANG et al., 2009).

Devido aos possíveis efeitos biológicos das radiações ionizantes, houve a necessidade de regulamentação e proteção das suas aplicações, o que levou à criação dos três princípios fundamentais da proteção radiológica: Justificação, Otimização e Limitação de Dose (OKUNO, 2013).

O conceito de otimização está intimamente ligado ao princípio ALARA ("As Low As Reasonably Achievable" ou "Tão Baixo Quanto Razoavelmente Exequível"). A otimização é realizada durante o procedimento e ocorre de várias maneiras, seja por meio do uso adequado dos protetores de chumbo, refinamento das técnicas ou até a manutenção do equipamento, tudo isso vai ajudar na redução da dose otimizando o processo (NATALE, 2015).

A legislação nacional (ANVISA, 2022) estabelece diretrizes rigorosas para proteção radiológica em radiodiagnóstico, promovendo a implementação de protocolos técnicos otimizados e a capacitação contínua dos profissionais de saúde como medidas essenciais para a redução da dose sem comprometimento da qualidade diagnóstica das imagens.

Adicionalmente, o avanço tecnológico, particularmente com a introdução das radiografias digitais, representa um novo paradigma na otimização da dose (DALMAZO et al., 2010). As radiografias digitais possibilitam um controle mais rigoroso sobre a dose administrada, além de permitir o pós-processamento das imagens, o que pode reduzir a incidência de repetições desnecessárias. No contexto brasileiro, a transição do filme radiográfico tradicional para sistemas digitais têm sido amplamente adotada, tornando necessário estabelecer novos métodos de otimização (PAVAM et al., 2013).

O objetivo principal deste trabalho é apresentar os métodos de otimização que podem ser utilizados para aquisição de radiografias digitais, especificamente sobre a escolha de técnicas apropriadas para os diferentes tipos de exames, por meio de uma pesquisa bibliográfica descritiva.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As práticas de otimização em radiografia, de maneira geral, consistem em: (1) ajustar os parâmetros de aquisição, principalmente tensão (kVp) e produto corrente-tempo (mAs) do tubo de raios-X de acordo com o tipo de exame e o biotipo do paciente; (2) utilizar ou não filtros adicionais no feixe de raios-X para ajuste do espectro; e (3) implementar algoritmos computacionais para melhoramento das imagens. Nas seções a seguir, são apresentados trabalhos que utilizaram essas práticas.

2.1 PARÂMETROS DE AQUISIÇÃO

Lorusso e colaboradores (2015) demonstraram que um aumento de 20 kvp e uma redução no mAs conseguiram otimizar a dose para exames de crânio e mão com base na avaliação de 91 profissionais que ao todo tinham uma carga de experiência de aproximadamente 1030 anos.

Já Wenman e Lockwood (2024) otimizam exames de joelho aumentando a tensão em 10 kVp e reduzindo o mAs em 50% e 75%. Com isso, houve uma redução de 81,5% na exposição da técnica em anteroposterior e lateral. Observou-se que, na vista lateral, a qualidade das imagens foi ligeiramente inferior à obtida com a técnica padrão, especialmente em relação ao padrão trabecular e contornos corticais, mas ainda dentro do intervalo diagnóstico.

Seeram e colaboradores (2016) fizeram um estudo com o objetivo de investigar uma técnica que otimize a dose de radiação e a qualidade de imagem em um sistema CR. A base para avaliação foi parâmetros estabelecidos pelo fabricante para pelve (80 kvp e 25 mAs) e coluna lombar (80 kvp e 50 mAs). Os valores de mAs foram reduzidos mantendo a qualidade diagnóstica, obtendo uma redução aproximada de 36% tanto para pelve quanto para lombar.

Já Gyan e colaboradores (2021) obtiveram a melhor relação entre dose e qualidade da imagem para exames de coluna lombar com 70 kVp e 22 mAs, de acordo com a análise criteriosa de radiologistas experientes.

2.2 FILTROS ADICIONAIS

Ekpo e colaboradores (2014) avaliaram o impacto da filtração adicional de cobre para exames de tórax. Foi observado que a quantidade da razão sinal-ruído estava relacionada de maneira inversamente proporcional à adição dos filtros de cobre. O filtro de 0,3 mm resultou numa melhor otimização em relação às outras espessuras (0,1 e 0,5 mm).

Já Nocetti e colaboradores (2023) utilizaram filtros de materiais diferentes em conjunto com ajustes dos parâmetros de aquisição para exames da coluna lombar. Os melhores resultados foram para os filtros de cobre e titânio, redução de até 62,8% em comparação a condição padrão em exames de coluna lombar.

Combinações de alumínio (Al) e cobre (Cu) foram utilizadas por Hariyati e colaboradores (2019) para otimização de exames de tórax e abdome, sendo as melhores combinações 1 mm Al + 0,1 mm Cu e 1 mm Al + 0,2 mm Cu para ambos os exames.

Lai e colaboradores (2020) conseguiram reduzir a dose para exames da coluna lombar em 87% em comparação com a dose da imagem de referência, utilizando uma distância foco-receptor de 150 cm, 95 kVp, 4,5 mAs e filtro de cobre de 0,3 mm. Embora a redução de dose tenha causado uma queda na razão contraste-ruído e na pontuação de qualidade de imagem de observadores, ainda foi possível identificar estruturas anatômicas relevantes, essenciais para diagnóstico.

2.3 ALGORITMOS COMPUTACIONAIS

Lee e colaboradores (2020) conseguiram uma redução significativa na dose de radiação (47,8%) em exames de tórax, através de um algoritmo de pós-processamento que reduz o ruído das imagens, sem comprometer a qualidade possibilitando técnicas com doses menores.

Já Precht e colaboradores (2012) utilizaram uma técnica de processamento de múltiplas frequências, ajustando o brilho e o contraste, aprimorando bordas e reduzindo ruído para melhorar a qualidade da imagem sem comprometer a nitidez diagnóstica. Com isso, foi possível reduzir a dose de radiação em até 61%, mantendo a qualidade ideal de imagem necessária para diagnóstico.

2.4 DISCUSSÃO

Nesses trabalhos, são utilizados fantasmas, muitos deles antropomórficos, para obtenção das imagens. A qualidade foi analisada visualmente, geralmente por radiologistas, ou quantitativamente. A dose foi avaliada pela dose de entrada na pele, utilizando detectores apropriados.

De maneira geral, as otimizações pelos parâmetros de aquisição são realizadas aumentando o kVp e diminuindo o mAs. Uma técnica de otimização bastante conhecida é descrita por Bushong (2010), que consiste em aumentar o kVp em 15% e reduzir o mAs em 50%. Porém, segundo Steffensen e colaboradores (2020), o uso de tensões mais altas estão associadas a uma menor relação contraste-ruído, em concordância de interpretações

subjetivas da qualidade da imagem, independentemente da parte do corpo examinada. Isso foi demonstrado por Lorusso e colaboradores (2015) para exames de tórax, onde o aumento da tensão para 140 kVp produziu imagens não consideradas de qualidade diagnóstica aceitável.

Em relação ao uso de filtros adicionais, os resultados mostram que o uso de filtros de cobre com espessura variando entre 0,1 e 0,3 mm reduzem consideravelmente a dose, mantendo a qualidade da imagem.

O uso de algoritmos computacionais para otimização em radiografia mostrou-se bastante eficaz para vários tipos de exames, podendo ser utilizado de maneira automática. Essa técnica é equivalente a um receptor de imagem mais eficiente, necessitando menos radiação para obter imagens com a mesma qualidade. Assim, após implementado, geralmente pelo fabricante, os parâmetros de aquisição devem ser ajustados para a otimização.

Outro método de otimização que deve ser utilizado na prática é a colimação. Dependendo do tipo de exame e da anatomia do paciente, o feixe deve ser colimado adequadamente. Segundo DeMaio e colaboradores (2019), uma colimação indevida pode incluir estruturas que não eram para receber o feixe primário, aumentando a dose recebida pelo paciente, quanto pode cortar estruturas de interesse, necessitando repetição. Freitas e colaboradores (2020) conseguiram otimizar utilizando estratégias como a maximização da RSR com base nos níveis de referência, maximização da figura de mérito (FOM).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma análise dos métodos de otimização aplicáveis à aquisição de radiografias digitais, com foco em parâmetros de aquisição, uso de filtros adicionais e algoritmos computacionais. Os resultados evidenciaram que ajustes em fatores técnicos, como tensão (kVp) e produto corrente-tempo (mAs), são cruciais para equilibrar dose e qualidade de imagem, mas devem ser realizados considerando as limitações impostas pela anatomia e pelo tipo de exame. Além disso, o uso de filtros adicionais, principalmente de cobre, demonstrou ser eficaz na redução da dose, mantendo a qualidade diagnóstica em diversos contextos. Por fim, os algoritmos computacionais surgem como uma abordagem promissora, permitindo a otimização automática de imagens e possibilitando o uso de doses menores sem comprometimento da qualidade diagnóstica,

porém esses algoritmos devem ser implementados pelo fabricante para garantir que não haja perda de detalhes diagnósticos.

Para a prática, recomenda-se que o aumento do kVp com a redução do mAs seja feita preferencialmente para pacientes maiores do que a média da população e o uso de filtros adicionais para exames da coluna torácica e lombar, sempre utilizando uma colimação adequada.

Com a evolução contínua dos sistemas digitais e algoritmos de inteligência artificial, há grande potencial para aprimorar ainda mais a eficiência dos processos, estabelecendo automaticamente a melhor técnica de otimização para cada caso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE et al. Estudo Comparativo entre Sistemas Radiográficos Convencionais e Digitais: Revisão de Literatura. **Ciências biológicas e da saúde**, v. 2, n. 3, 2016.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 611**. Ministério da Saúde, 2022.

BONATES, F. H.; VENDRAMIN, M. H. J. A Radiologia Odontológica Digital No Esquadrão De Saúde De Florianópolis: Relato De Caso. **Revista Odontológica do Hospital de Aeronáutica de Canoas**, 1(002), 6-13, 2020.

BUSHONG, S. C. **Ciência Radiológica para Tecnólogos: Física, Biologia e Proteção**, 9ª Ed. Mosby: USA, 2010.

DALMAZO, J.; ELIAS JÚNIOR, J.; BROCCHI, M. A. C.; COSTA, P. R.; AZEVEDO-MARQUES, P. M. Radiation dose optimization in routine computed tomography: a study of feasibility in a University Hospital. **Radiologia Brasileira**, 43, 4, 2010.

DEMAIO, D. N.; HERRMANN, T.; NOBLE, L. B.; ORTH, D.; PETERSON, P.; YOUNG, J.; ODLE, T. G. Best Practices in Digital Radiography. **Radiologic Technology**, v. 91, n. 2, 2019.

EKPO, Ernest U. et al. Optimisation of direct digital chest radiography using Cu filtration. **Radiography**, Londres, v. 20, n. 4, p. 346-350, out. 2014.

FREITAS, Marcelo B.; PIMENTEL, Ricardo B.; BRAGA, Laura F.; SALIDO, Francisco S. A.; NEVES, Rodrigo F. C. A.; MEDEIROS, Regina B. Patient dose optimization for computed radiography using physical and observer-based measurements as image quality metrics. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 172, 2020.

GYAN, E.; INKOOOM, S.; AMOAKO, G. Optimal exposure factors for lumbar spine AP in computed radiography examinations. **International Journal of Radiation Research**, v. 19, n. 2, 2021.

HARIYATI, I.; HANI, A. D. F.; CRAIG, L. A.; LESTARININGSIH, I.; LUBIS, L. E.; SOEJOKO, D. S. Optimization of digital radiography system using in-house phantom: preliminary study. **IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series**, v. 1248, p. 012021, 2019. IOP Publishing.

LAI, Zer Hau; REIS, Cláudia Sá dos; SUN, Zhonghua. Effective dose and image optimisation of lateral lumbar spine radiography: a phantom study. **European Radiology Experimental**, v. 4, n. 13, p. 1-9, 2020.

LAZZARO, M. V.; DA LUZ, R. M.; CAPAVERDE, A.da S.; MARQUES DASILVA, A.M. Avaliação comparativa da qualidade da imagem em sistemas de radiologia computadorizada utilizando imaging plates com diferentes tempos de uso. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 9, n. 1, 2016.

LEE, Wonje; LEE, Seungho; CHONG, Semin; LEE, Kyungmin; LEE, Jongha; CHOI, Jae Chol; LIM, Changwon. Radiation dose reduction and improvement of image quality in digital chest radiography by new spatial noise reduction algorithm. **PLOS ONE**, v. 15, n. 2, e0228609, 2020.

LORUSSO, Jenna R.; FITZGEORGE, Lyndsay; LORUSSO, Daniel; LORUSSO, Elizabeth. Examining practitioners' assessments of perceived aesthetic and diagnostic quality of high kVp-low mAs pelvis, chest, skull, and hand phantom radiographs. **Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences**, v. 46, 2015.

LUCIANO, A. L. F.; JORDÃO, G. de S. P.; SANTANA, N. A. de A.; ALVES, B. C.; CAVALCANTE, L. L.; REIS, I. F. dos; BARRETO, L. P.; ARRAES, J. F. A.; PIMENTEL, A. L. M. R.; GOMES, S. A.; SANTANA, A. A. de A. O uso da radiografia e métodos de imagem para diagnóstico da osteoartrite: uma revisão sistemática de ensaios clínicos. **Revista Foco**, v. 17, n. 9, 2024.

NATALE, S. T. **Proteção radiológica e dosimetria: efeitos genéticos e biológicos, principais cuidados e normas de segurança**. São Paulo: Editora Saraiva, 2015. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536530659/>. Acesso em: 01 out. 2023.

NOCETTI, D.; VILLALOBOS, K.; MARÍN, N.; MONARDES, M.; TAPIA, B.; TOLEDO, M. I.; VILLEGAS, C. Radiation dose reduction and image quality evaluation for lateral lumbar spine projection. **Heliyon**, [s.l.], v. 9, 2023.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, 27, 77, 2013.

PAVAN, A. L. M.; PINA, Diana R.; ALVES, Allan Felipe F.; VELO, Alexandre F.; MIRANDA, José Ricardo A. Otimização de exames de extremidade para radiologia computadorizada. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 7, n. 2, p. 81-84, 2013.

PRECHT, H.; GERKE, O.; ROSENDAHL, K.; TINGBERG, A.; WAALER, D. Digital radiography: optimization of image quality and dose using multi-frequency software. **Pediatric Radiology**, 42, 2012.

SEERAM, E.; DAVIDSON, R.; BUSHONG, S.; SWAN, H. Optimizing the Exposure Indicator as a Dose Management Strategy in Computed Radiography. **Radiologic Technology**, 87, 4, 2016.

SILVA, A. M. M.; PATROCÍNIO, A. C.; SCHIABEL, H. Processamento e análise de imagens médicas. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 13, n. 1, p. 34-48, 2019.

STEFFENSEN, C. et al. Optimisation of radiographic acquisition parameters for direct digital radiography: A systematic review. **Radiography**, v. 27, n. 2, 2020.

WANG, S.; MERLIN, T.; KREISZ, F.; CRAFT, P.; HILLER, J. E. Cost and cost-effectiveness of digital mammography compared with film-screen mammography in Australia. **Australian and New Zealand Journal of Public Health**, v. 33, n. 5, 2009.