



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**METODOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DA DOSE DE
RADIÇÃO IONIZANTE EM EXAMES DE TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA**

Versão corrigida

GUSTAVO RICO FREITAS

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de Mestre
Profissional em Tecnologia das Radiações
em Ciências da Saúde na Área de
Concentração Processos de Radiação na
Saúde**

Orientadora:

Profa. Dra. Carla Daruich de Souza

São Paulo

2022

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**METODOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DA DOSE DE
RADIAÇÃO IONIZANTE EM EXAMES DE TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA**

GUSTAVO RICO FREITAS

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de Mestre
Profissional em Tecnologia das Radiações
em Ciências da Saúde na Área de
Concentração Processos de Radiação na
Saúde**

**Orientadora:
Profa. Dra. Carla Daruich de Souza**

**São Paulo
2022**

Fonte de Financiamento: Nenhuma

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

RICO FREITAS, G. **METODOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO IONIZANTE EM EXAMES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**. 2022. 92 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN, com os dados fornecidos pelo autor.

<p>Rico Freitas, Gustavo METODOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO IONIZANTE EM EXAMES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA / Gustavo Rico Freitas; orientadora Carla Daruich de Souza . -- São Paulo, 2022.</p> <p>90 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde (Processos de Radiação na Saúde) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2022.</p> <p>1. Doses de Radiação. 2. Gestão da Informação. 3. Tomografia Computadorizada Multidetectors. 4. Proteção Radiológica. I. Daruich de Souza , Carla, orient. II. Título.</p>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Gustavo Rico Freitas

Titulo: Metodologia de baixo custo para avaliação da dose de radiação ionizante em exames de tomografia computadorizada

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde na Área de Concentração Processos de Radiação na Saúde

Data: 28/11/2022

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus colegas que no exercício das suas funções deram a suas vidas ao cuidar de pacientes acometidos pela COVID19, também se tornando vítimas dessa doença.

AGRADECIMENTOS

Trabalhar, estudar, ser pai, marido e amigo, foi um grande desafio que enfrentei ao longo desse mestrado profissional, agradeço as minhas filhas Angelina Barbosa Freitas e Emilie Barbosa Freitas, a minha esposa Ariane Aparecida Machado Joaquim pela compreensão, apoio e incentivo e por me inspirarem nesse desafio.

Sou grato aos professores que souberam me ajudar a encontrar forças para continuar, em especial a minha orientadora Carla Daruich de Souza, que mesmo do outro lado do planeta, se fez presente, me cobrando e me forçando a se dedicar a vida acadêmica, vejo você não só como uma professora, mas uma inspiração.

Gradeço a toda equipe do HRC pela ajuda no desenvolvimento do trabalho, em especial a gerência executiva, Flávia Freitas Paula Lopes, Roberta da Silva Costa, responsável pelo NEP a época, a Marinalda Maria da Costa Farias (Analista Administrativo - NEP) e Jéssica Macedo Paz (Auxiliar Administrativo I, NEP), a coordenadora técnica do serviço Raquel do Carmo Silva Rodrigues e o auxiliar administrativo II Warley Meireles Santos, que foram peças chaves para a implementação deste trabalho e apoiaram as incondicionalmente suas atividades e necessidades.

Não posso esquecer de agradecer as pessoas dos bastidores que são tão importantes quanto os demais. Muito obrigado às secretárias do programa do mestrado profissional, Andrea Malavazi e Sabrina Lopes Soares.

EPÍGRAFE

“O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer.”

Albert Einstein

RESUMO

RICO FREITAS, G. *Metodologia de baixo custo para avaliação da dose de radiação ionizante em exames de tomografia computadorizada*. 2022. 90 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>>

Em muitos hospitais brasileiros a tomografia computadorizada (TC) é a modalidade mais utilizada no diagnóstico por imagem com maior poder de dose ionização. Sistemas para monitoramento e gerenciamento de informações não são obrigatórios e o alto valor monetário para aquisição de 'softwares' e treinamento faz com que a dose recebida pelo paciente não seja investigada na maioria das vezes. Com isso, existe uma maior probabilidade de exposições desnecessárias violando os princípios da proteção radiológica podendo causar dano aos pacientes. Esses danos podem ocorrer por causa de exames realizados fora de protocolo, mal indicados, repetição em intervalos curtos de tempo e falhas operacionais em decorrência de imperícia, falta de atualização e treinamento dos profissionais envolvidos. O presente trabalho desenvolveu uma metodologia de baixo custo para Tomografia Computadorizada, utilizando ferramentas gratuitas para armazenamento e avaliação dos DICOM-Structured Report (DICOM-SR) e interpretação desses dados, podendo se tornar um recurso economicamente viável para todos os serviços de diagnóstico por imagem do Sistema Único de Saúde (SUS). Foram analisados 33617 relatórios de dose de pacientes submetidos a exames de tomografia computadorizada no período de 1 de setembro de 2021 a 31 de agosto de 2022, divididos em grupos de acordo com sua faixa etária. O programa foi utilizado especialmente para otimização do protocolo de TC de Crânio e de TC de tórax. No primeiro caso outliers foram observados e corrigidos. No segundo exame, o retreinamento proporcionou uma redução de 28,37 % nos níveis de exposição no primeiro ano de treinamento. O novo sistema proporciona gratuitamente e de maneira simples o monitoramento da quantidade de tomografias e da dose recebida em comparação com os protocolos que, por sua vez, resultarão em recomendações clínicas de melhora de procedimentos e treinamentos. O procedimento necessário para implementação está divulgado em site próprio gratuitamente.

Palavras-chave: Doses de Radiação, Gestão da Informação, Tomografia Computadorizada Multidetectors, Proteção Radiológica.

ABSTRACT

RICO FREITAS, G. *Low-cost methodology for evaluating the dose of ionizing radiation in computed tomography*. 2022. 90 p. Dissertation (Professional Master's Degree in Radiation Technology in Health Sciences), Nuclear and Energy Research Institute, IPEN-CNEN, São Paulo. Available in: <http://repositorio.ipen.br/>

In many Brazilian hospitals, computed tomography (CT) is the most used modality in diagnostic imaging with higher ionization dose power. Systems for monitoring and information management are not mandatory. The high monetary value for the acquisition of 'software' and training results in the dose received by the patient not being investigated most of the time. Consequently, there is a greater probability of unnecessary exposures violating the principles of radiation protection, which may cause harm to patients. These issues can occur because of tests performed outside the protocol, poorly prescribed, repetition at short intervals of time, and operational failures due to malpractice, lack of up-to-date protocols, and deficient training of the professionals involved. The present work developed a low-cost methodology, using free tools for storing and evaluating and interpreting the DICOM-Structured Report (DICOM-SR) generated in Computed tomography (CT). This could become an economically viable resource for all diagnostic imaging services in the Brazilian Unified Health System (SUS). A total of 33617 dose reports of patients admitted to CT scans from September 1, 2021 to August 31, 2022 were analyzed, divided into groups according to their age group. The program was used especially for optimizing the skull CT and chest CT protocol. In the first case, outliers were observed and corrected. In the second exam, retraining provided a 28.37% reduction in exposure levels in the first year of training. The new system provides free and simple monitoring of the number of CT scans and the dose received allowing comparison with the protocols which, in turn, will result in clinical recommendations for improving procedures and training. The procedure required for implementation is published on the website for free.

Keywords: Radiation Dosage, Information Management, Multidetector Computed Tomography, Radiation Protection.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	17
3. JUSTIFICATIVA	18
4. REVISÃO DE LITERATURA	20
4.1 Raios-X	20
4.2 Tomografia Computadorizada	22
4.3 Formação da imagem de Tomografia Computadorizada	25
4.3.1 <i>Pitch</i>	26
4.3.2 <i>Espessura de Corte</i>	27
4.4 Dados contidos no relatório de dose	28
4.5 Os descritores de dose	30
4.6 O sistema DICOM	32
5. METODOLOGIA	35
5.1 O local do estudo	35
5.2 O caminho do paciente no hospital e como o relatório é gerado	37
5.3 Metodologia proposta	39
5.3.1 <i>Envio do relatório de dose DICOM-SR</i>	40
5.3.2 <i>Armazenamento do relatório de dose DICOM-SR</i>	40
5.3.3 <i>Metodologia de coleta de dados</i>	41
5.4 Metodologia de análise dos dados contidos no relatório de dose ..	44
5.5 Metodologia divulgação dos dados analisados	45
5.6 Site de divulgação do trabalho	46
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6.1 O protocolo analisado	48
6.2 Os pacientes	49
6.3 Aquisição de dados	51
6.4 Erros encontrados	53
6.4.1 <i>TC de crânio em pacientes pediátricos</i>	53

6.4.2 TC de tórax.....	54
6.4.3 Um caso excepcional.....	56
6.5 Metodologia e infraestrutura de implementação	57
6.5.1 Instalação do DoseUtility™ como banco de dados.	58
6.5.2 Configuração do tomógrafo	62
6.6 Treinamento dos profissionais.....	64
6.7 O site.....	66
7. CONCLUSÃO.....	84
REFERÊNCIAS	86

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais pacientes são submetidos à radiação em procedimentos médicos com finalidade diagnóstica no mundo. Em 2006 a exposição a radiação ionizante da população norte americana para fins médicos, teve a tomografia computadorizada (TC) com responsável por metade (50%) dessa exposição, passando a 62% em 2016 (UNSCEAR, 2022). De 2008 a 2011 foi registrado uma tendência de aumento de 17,5 % no uso da tomografia em pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS), sendo os exames de TC de cabeça e pescoço os mais realizados (DOVALES et al., 2015). O número de exames de TC de tórax aumentou exponencialmente devido a pandemia causada pelo vírus Sars-COV2, responsável pela COVID 19 (*Corona Virus Disease 2019*), passando de uma média de 70 mil procedimentos mês entre janeiro de 2018 a janeiro de 2020 para uma média de 161 mil procedimentos de fevereiro de 2020 a setembro de 2021, um aumento de aproximadamente 130 % (CASTRO SÁ; NASCIMENTO DE ALMEIDA, 2021)

É muito comum utilizar como referência de dose de exposição à radiação ionizante de acidentes nucleares e/ou as consequências do uso bélico para demonstrar o baixo nível de radiação utilizado para formação de imagens médicas. Contudo esse tipo de comparação fortalece o preconceito e temor do uso da radiação para fins pacíficos e/ou medicinais. É um consenso internacional que o uso da radiação deve ser feito de forma rigorosa e cautelosa, pois assim como outros recursos como medicações, técnicas cirúrgicas, terapias funcionais ou recomendações medicinais, o uso incorreto pode trazer danos a saúde (ARRAIS et al., 2016).

Todos os seres vivos estão expostos a radiação ionizante proveniente do ambiente que os cerca. Um estadunidense está exposto a aproximadamente 6,2 mSv por ano, sendo metade proveniente de radiação de fundo (natural), a outra metade corresponde a exposição proveniente de fontes artificiais como

fontes médicas (USNRC, 2022).¹

A exposição de uma radiografia de tórax resulta em uma dose de aproximadamente 0,1 mSv enquanto uma tomografia computadorizada de corpo inteiro pode chegar a 10 mSv. Essas diferenças podem ser responsáveis por confusões e cálculo indevidos sobre os riscos potenciais associados à exposição à radiação durante a realização de procedimentos com imagens radiológicas (AKRAM; CHOWDHURY, 2021).

Sabe-se que os pacientes mais jovens são mais vulneráveis aos riscos associados à exposição à radiação. Isso é evidenciado pela maior incidência de leucemia e tumores sólidos entre os sobreviventes pediátricos da bomba atômica em comparação com aqueles que receberam a mesma exposição à radiação em uma idade mais avançada. Foi demonstrada uma associação dose-dependente entre exposição à radiação e leucemia, câncer de mama, câncer de tireoide e outros tumores sólidos (SMITH et al., 2017).

A apreensão gerada pela exposição à radiação ionizante surge a partir da preocupação do potencial risco de causa dos efeitos ao indivíduo exposto. Esses efeitos passam por etapas, sendo a primeira a física, que acontece entre 10^{-24} e 10^{-10} segundos após a exposição, período em que átomos e moléculas do organismo absorvem energia. Em seguida acontece a fase físico-química, entre 10^{-12} e 10^{-10} segundos, formando radicais livres entre outros agentes reativos, reagindo com moléculas importantes do corpo humano como o ácido desoxirribonucleico (DNA), ácido ribonucleico (RNA) e proteínas (HAVRÁNKOVÁ, 2020). O efeito dessa interação pode ser reparado pelos mecanismos celulares, desencadear a apoptose (morte celular), ser reparado erroneamente, ou simplesmente perdurar dentro da célula. Os dois últimos casos podem gerar um câncer induzido por radiação (DOMINA, 2016). Por esse motivo a radiação é categorizada como agente carcinogênico podendo induzir a formação de células cancerígenas, o que é motivo suficiente para justificar a

¹ Não foram encontrados dados atuais da população brasileira. O site da Indústrias Nucleares do Brasil (INB) apresenta o valor de 2,8 mSv/ano, sem discriminação se esses dados são para a população brasileira. Informação disponível em: <https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/quanta-radiacao-natural-uma-pessoa-recebe-por-ano?Origem=1148>.

preocupação mundial com o aumento das exposições médicas (RODRIGO FERREIRA, 2020).

A preocupação com a exposição da população mundial a radiação ionizante aumenta com o fato de o mundo estar utilizando cada vez mais métodos de diagnóstico por imagem que utilizam essa forma de energia. Pacientes estão cada vez mais expostos à radiação ionizante, tornando necessário uma maior conscientização pública e profissional (prescritores) sobre seus efeitos nocivos da exposição em excesso ou mal direcionada anos (RUBIN, 2014).

Atualmente existem 4944 tomógrafos em operação em território brasileiro, onde (51,6 %) estão em utilização pelo Sistema Único de Saúde (SUS) (PUBLIMED, 2020). O equipamento é utilizado para os mais diferentes cenários, desde diagnóstico de câncer, investigação de possíveis quebras ósseas e presença de pedras nos rins e vesícula, entre muitas outras aplicações que evoluíram significativamente nos últimos anos (RUBIN, 2014).

Embora o uso da TC esteja aumentando, o monitoramento e controle de exposição dos pacientes à radiação é pouco utilizado, apesar do equipamento fornecer a informação (SALVADOR et al., 2017). O monitoramento da exposição de pacientes a radiação ionizante durante a realização de exames é fundamental para o cumprimento dos princípios de proteção radiológica, principalmente o da otimização. A constatação de erros pode incentivar a revisão de protocolos para melhora do desempenho do equipamento e qualidade da imagem (BOOS, A. J. et al., 2016).

O monitoramento da estimativa de exposição à radiação ionizante de pacientes por meio do *Digital Imaging and Communications in Medicine-Structured Report* (DICOM-SR) é uma forma confiável e segura de extração de informações do paciente exposto, protocolo utilizado, repetição de séries e a estimativa de dose utilizada para o estudo (BOOS, J. et al., 2016). A estrutura dos DICOM-SR favorece o desenvolvimento de uma base de dados em nuvem possibilitando *benchmarking* automatizado entre instituições que adotem a mesma metodologia de extração, gerenciamento e armazenamento desses relatórios (BOOS, J. et al., 2015).

A legislação alemã já prevê que toda exposição à radiação ionizante para diagnóstico ou terapia fiquem armazenados por 10 anos, ou até 28º aniversário

em caso de pacientes menores de idade. A diretiva UE 2013/59 da Comunidade Europeia da Energia Atômica (EURATOM) de 2013, exige que o armazenamento de cada registro de dose bem como a anotação desses valores no relatório de cada exame (EUROPEAN SOCIETY OF RADIOLOGY, 2015). Embora existam muitas ações de conscientização da dose de TC, a aderência de instituições de saúde ainda é muito tímida e não acompanha o aumento da disponibilidade de equipamentos de diagnóstico por imagem que utilizam radiação ionizante no mundo (SZCZYKUTOWICZ et al., 2018).

O interesse em desenvolver aplicativos que realizam a extração de dados de exposição à radiação ionizante é antigo. Em 1999 a Microsoft® desenvolveu uma ferramenta vinculada ao Excel® capaz de extrair os dados de weighted computed tomography dose index (CTDI_w) e Dose Length Product (DLP), ambos contribuindo significativamente para interpretação do nível de exposição dos pacientes submetidos a radiação ionizante durante os exames de CT (STAMM; NAGEL, 2002).

O grande desafio está diretamente relacionado a sistemática de coleta dos dados contidos no relatório DICOM-SR. Os dados possuem a extensão DICOM e são armazenados no PACS (*Picture Archiving and Communication System*). A extração desses dados é realizada por softwares extras muitas vezes sendo propiciados por fornecedores diferentes do equipamento de TC e/ou PACS (DAVE; GINGOLD, 2013a). Como os softwares de monitoramento de dose dos fabricantes não são inclusos na compra do tomógrafo, muitas vezes são vistos como um acessório extra não necessário. Mesmo assim, sua compra e instalação é dependente da estrutura tecnológica do local onde o equipamento será instalado para avaliação do orçamento. Esses programas possuem um alto valor comercial, o que muitas vezes inviabiliza a aquisição da ferramenta em unidades hospitalares de baixa e média complexidade com orçamentos apertados.

A análise da dose pode ser realizada utilizando ferramentas gratuitas ou de baixo custo que convertem as informações do DICOM-SR em dados tabulados prontos para serem investigados (SOUZA et al., 2022). Ao tornar essa análise mais simples, barata e, conseqüentemente mais disponível, o controle de dose poderá ser feito de maneira mais diligente podendo até provocar alterações em protocolos resultando em grandes diferenças nos

valores de dose recebidos pelo paciente.

O presente trabalho visa contribuir para este cenário através do desenvolvimento de metodologia que utiliza programas gratuitos ou de baixo custo para realização da análise da dose recebida pelos pacientes durante o exame de TC. A principal finalidade é a contribuição para limitação de dose e otimização, além para diminuição do uso da máquina, atenuando custos com manutenção.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia de monitoramento e gestão da dose de radiação recebida por pacientes submetidos a TC através da análise do descritor de dose DLP, registrado no relatório de dose elaborado ao término de cada exame pelo tomógrafo em formato DICOM. A metodologia foi baseada em softwares gratuitos para tornar o monitoramento de dose possível com baixo ou nenhum impacto econômico.

Os objetivos específicos são:

- Criar uma forma gratuita ou de baixo custo para monitoramento da exposição à radiação ionizante de pacientes submetidos a tomografia computadorizada;
- Descrever essa metodologia em detalhes para que possa ser implementada em outros hospitais, e disponibilizá-la em site gratuito;
- Analisar dados reais e avaliar se os protocolos de dose estão sendo aplicados corretamente;
- Baseado nos resultados encontrados, subsidiar a educação continuada dos operadores da tomografia computadorizada com o propósito de otimizar a dose de exposição durante a realização dos exames.

3. JUSTIFICATIVA

A justificativa desse trabalho se dá pelos altos custos, muitas vezes proibitivos, dos softwares de análise de dose utilizados na Tomografia Computadorizada. Desenvolver ferramentas de baixo custo é imperativo para a utilização em larga escala e garantia de segurança e proteção do paciente.

As contribuições foram:

- **Impacto:** A existência de uma rotina de verificação da dose de radiação ionizante de pacientes submetidos a exames de tomografia computadorizada contribuiu para uma reflexão da equipe do setor de diagnóstico por imagem, bem como a ponderação da necessidade da solicitação do exame por parte do médico prescritor. Além disso, permite identificar e corrigir falhas de protocolo e carga desnecessária para máquina.
- **Aplicabilidade:** O grande impeditivo para o uso de ferramentas tecnológicas no monitoramento da exposição de pacientes a radiação ionizante durante os exames de tomografia computadorizada é o alto valor de softwares disponíveis no mercado. Uma sistemática gratuita e com a implantação bem descrita pode promover intervenções que melhorem a cultura de proteção radiológica na tomografia computadorizada.
- **Inovação:** O uso do *Dose Report* como ferramenta de monitoramento da estimativa de exposição de pacientes submetidos a exames de tomografia computadorizada é usual, porém se faz necessário o uso de softwares pagos para um gerenciamento mais prático, eficiente e confiável. O presente trabalho propõe a criação de uma sistemática de extração, gestão e interpretação dessas informações por meio de softwares gratuitos, tornando o benefício do controle da exposição de pacientes a radiação ionizante durante o exame de tomografia computadorizada economicamente viável.
- **Complexidade:** Mecanismos de extração das informações DICOM contidas nas imagens nomeadas como *Dose Report* são descritos em literaturas e em normas da *Food and Drug Administration* (FDA, EUA), porém a sistematização do processo não. Diversas metodologias foram testadas e

avaliadas para que o melhor caminho de obtenção das informações fosse encontrado.

Os produtos tecnológicos desenvolvidos nesse trabalho são a metodologia de avaliação da dose e o site para divulgação gratuita do material.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Raios X

Os raios X fazem parte do espectro eletromagnético junto com a luz e as ondas de radiofrequência, mas em comprimentos de onda aproximadamente 1.000 vezes menores que os da luz. A descoberta dos raios X é tida como um milagre médico, se tornando uma importante ferramenta de diagnóstico na medicina, permitindo a visualização do interior do corpo humano pela primeira vez sem cirurgia. Essa nova forma de energia foi descoberta em 8 de novembro de 1895 por Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923). Em 1897, os raios X foram usados pela primeira vez em um campo de batalha militar, durante a Guerra dos Balcãs, para encontrar projéteis e ossos quebrados em soldados (HISTORY.COM, 2020).

A nova descoberta provocou entusiasmo no público em geral por aproximadamente 6 meses. Teatros começaram a produzir peças humorísticas de raios X, muitas piadas circularam em cartazes com a sugestão que seria possível ver as pessoas nuas, mito que imediatamente foi utilizado pela indústria têxtil no lançamento de roupas íntimas à prova de raios X. Esses mitos contribuíram para a perda da importância científica da descoberta, pois o medo da invasão de privacidade se tornou cada vez maior no meio social (HESSENBRUCH, 2002). A curiosidade da sociedade sobre radiografias foi satisfeita depois de demonstrações dos seus ossos em telas, porém os raios X para algumas pessoas revelaram uma dimensão paralela, ligada ao espiritismo e ao ocultismo. Artistas Duchamp, Kupka e Picasso foram influenciados pela descoberta, refletindo-se em suas obras (SULLIVAN, 2011).

Os raios X podem ser gerados por 2 processos chamados de bremsstrahlung (radiação de freamento) e característico. Os raios X de bremsstrahlung surgem quando elétrons altamente energéticos entram em contato com a matéria e transformam sua energia cinética em radiação eletromagnética, gerando os raios X criando um espectro contínuo. Os raios X característicos são gerados em bandas de energia limitadas. Ocorrem por meio do salto de elétrons de camadas menos energéticas para preencher lacunas de camadas mais energéticas (BUSHONG, 2010).

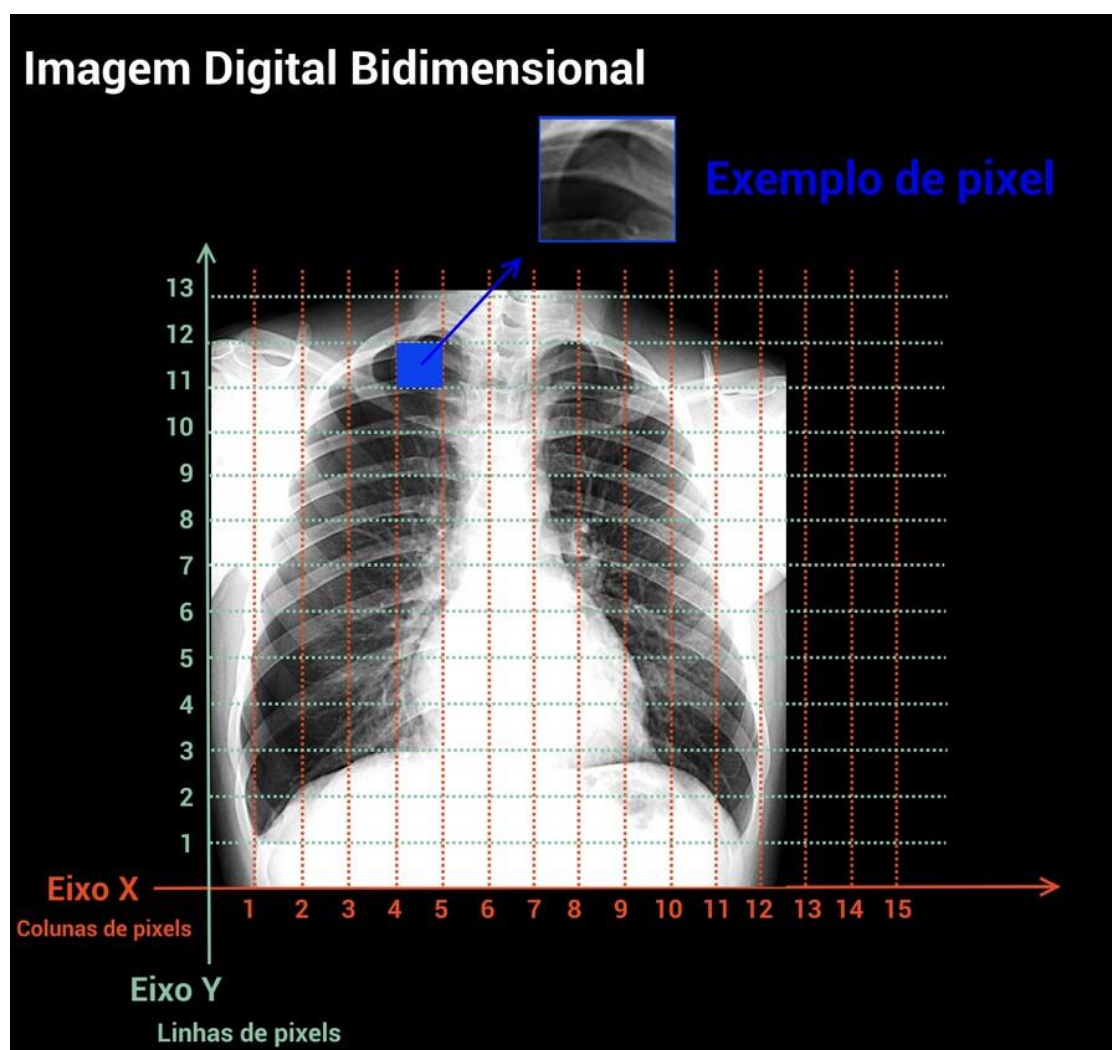
A amplitude e a forma dos espectros de raios X são influenciadas por uma série de características técnicas específicas do equipamento. A quantidade de raios X gerados muda proporcionalmente com o quadrado do potencial do tubo, corrente do tubo, período de exposição e número atômico do material do ânodo, e inversamente com o quadrado da distância. O número de raios X também é afetado pela forma de onda de tensão (tipo de gerador) e filtragem do tubo (MCCOLLOUGH, 1997).

Os princípios físicos do funcionamento do tubo de raios X da tomografia são exatamente os mesmos que o tubo de raios X utilizado para a realização de exames radiográficos, diferindo apenas o sistema de refrigeração, geometria do uso, disposição no equipamento e sistema de filtragem dos feixes de raios X (CIERNIAK, 2011).

As imagens de TC precisam ser, obrigatoriamente digitais, pois passam por processamento computadorizada para sua formação. Toda imagem digital possui conceitualmente os mesmos elementos, seja ela uma imagem produzida por meio de uma câmera fotográfica, equipamento de radiografia convencional, mamógrafo, tomografia computadorizada ou ressonância, sendo o pixel o menor elemento da imagem digital. Ele é organizado em linhas e colunas, o que caracteriza a matriz da imagem digital. Uma imagem com matriz de 100x100 possui 100 colunas e 100 linhas de pixel, ou seja, 1000 pixels (RAFAEL C. GONZALEZ; GONZALEZ, 2010).

A imagem radiográfica digital ou computadorizada é realizada em formato de cortes segmentados gerando imagens bidimensionais (2D) como demonstrado na figura 1, que por meio de linhas e colunas de pixels de diferentes intensidades formam a imagem radiografia (RAFAEL C. GONZALEZ; GONZALEZ, 2010).

Figura 1 - Representação gráfica dos componentes digitais que formam a imagem 2D.



Fonte: autor da dissertação.

4.2 Tomografia Computadorizada

O entusiasmo em torno das possibilidades de diagnóstico por meio das imagens de Raios-X gradualmente foi decaindo quando ele se mostrou limitado principalmente por proporcionar visualização em apenas duas dimensões. Com o propósito de melhorar a interpretação de objetos por meio dos Raios-X, em apenas dois anos após a descoberta dessa energia, o Professor Thomson do Departamento de Física Experimental da Universidade de Cambridge localizada no Reino Unido, estudou a obtenção de imagens de Raios-X tridimensional usando técnicas estereoscópicas. A solução que ele propôs

envolveu a tomada de duas fotos de Raios-X, deslocadas uma em relação à outra, de um paciente que permaneceu imóvel, com o propósito de proporcionar imagens com profundidade (CIERNIAK, 2011).

O conceito de tomografia computadorizada foi proposto por Bocage em 1922. A ideia consistia em obter informações mais úteis a partir de Raios-X no diagnóstico médico do que a alcançada pela radiografia de transmissão de tiro único. Ziedses des Plantes em 1932 aperfeiçoou essa técnica melhorando a resolução de estruturas mais profundas, mas ainda limitada pela capacidade de resolução de emulsões fotográficas. Ainda não foi possível a exibição de estruturas com pequenas diferenças de densidade. Um avanço significativo na TC também foi feito por Di Chiro em 1963, usando essa técnica para pneumografia do cérebro no modo transversal axial. No mesmo ano Cameron e Sorenson corrigiram a limitação na quantidade de dados obtidos por técnicas de Raios-X usando filme radiográfico introduzindo o uso de um sistema detector de cristais colimados (OMMAYA et al., 2014).

A primeira máquina de tomografia computadorizada foi construída em 1970 (HOUNSFIELD, 2014). É uma ferramenta para investigação clínica com capacidade de fornecer imagens não invasivas de estruturas anatômicas de pacientes com incrível resolução, possibilitando a diferenciação entre tecidos normais de patológicos, bem como seu sítio, formato, extensão e dimensão (ROMANS, 2011).

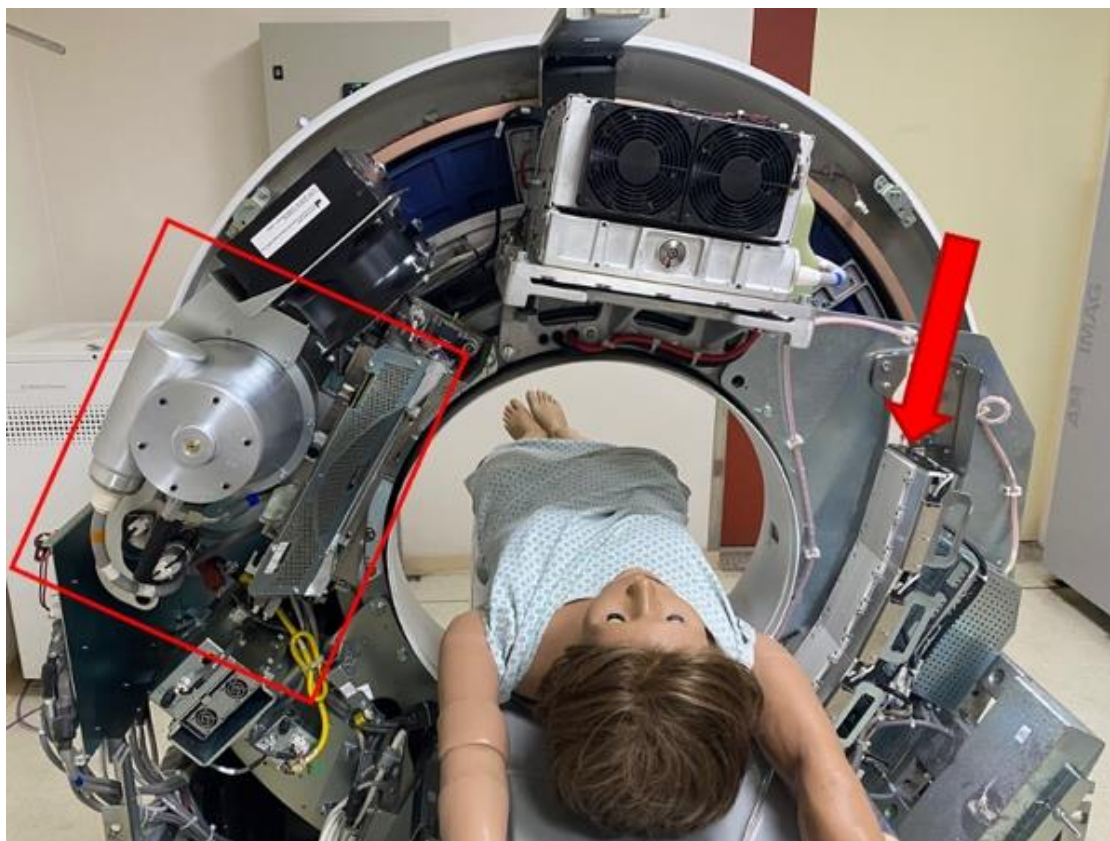
Figura 2 - A primeira máquina de tomografia computadorizada construída em 1970, EMI Mark I Scanner.



Fonte:(CIERNIAK, 2011).

O equipamento de tomografia computadorizada é um aparelho com um sistema giratório composto por uma ampola de Raios-X instalada opostamente aos módulos de detectores, conforme demonstrado na figura 3. Os módulos de detecção compõem o sistema responsável em converter as informações de radiação em sinal eletrônico. O paciente é movimentado horizontalmente através desse sistema por meio de uma maca acoplada (mesa de exames). O sistema giratório se move em um movimento circular ao redor do paciente. O tubo de Raios-X giratório emite Raios-X em forma de leque que penetram na região de interesse ajustada do corpo por todos os lados. Dependendo da composição do tecido corporal, os Raios-X são atenuados em diferentes graus: apenas os raios que atravessam o corpo atingem os detectores do lado oposto do anel. Os ossos, por exemplo, transmitem pouca radiação de Raios-X, e é por isso que aparecem brilhantes nas imagens de TC. (ROMANS, 2011).

Figura 2 - Imagem do tomógrafo do Hospital Regional de Cotia. O retângulo vermelho demonstra a ampola de Raios-X e a seta vermelha mostra a o sistema de detecção composta por seis módulos de detectores.



Fonte: autor da dissertação.

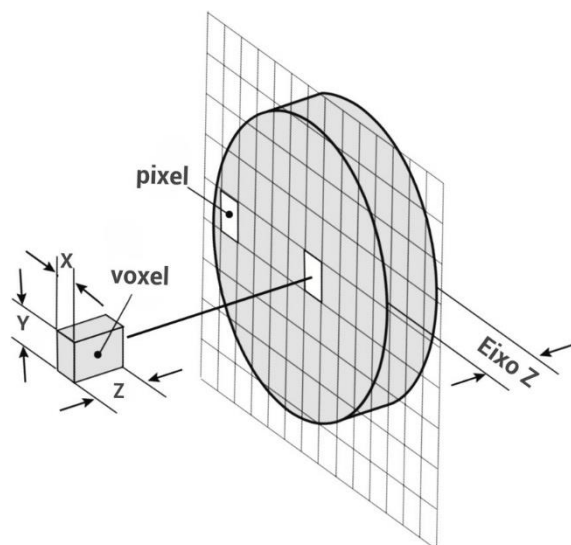
Os tecidos são expostos por Raios-X em diversos ângulos e as informações são captadas pelo sistema de detecção e convertidos em sinais eletrônicos. Os dados de medição são encaminhados para um computador, que então calcula imagens bidimensionais em vários tons de cinza. Como a mesa se move durante o exame, várias imagens segmentadas são feitas. O software então “junta” essas imagens fazendo uma reconstrução 3D da estrutura (HOUNSFIELD, 2014).

Embora a imagem de TC possua os mesmos princípios de formação de imagem que a radiografia simples computadorizada, a imagem de TC possui uma maior complexidade, pois se trata de múltiplas projeções de imagem onde cada pixel possui a informação da densidade de cada estrutura anatomia (figura 4).

4.3 Formação da imagem de Tomografia Computadorizada

A radiografia computadorizada a imagem de TC é formada por linhas e colunas de pixels que formam a matriz da imagem, o que usualmente é composta por 512 colunas e linhas de pixels, com o diferencial de cada pixel possuir profundidade, que recebem o nome de voxel, como demonstrado na Figura 4 (RAFAEL C. GONZALEZ; GONZALEZ, 2010).

Figura 3 - Representação gráfica dos elementos de formação da imagem digital.



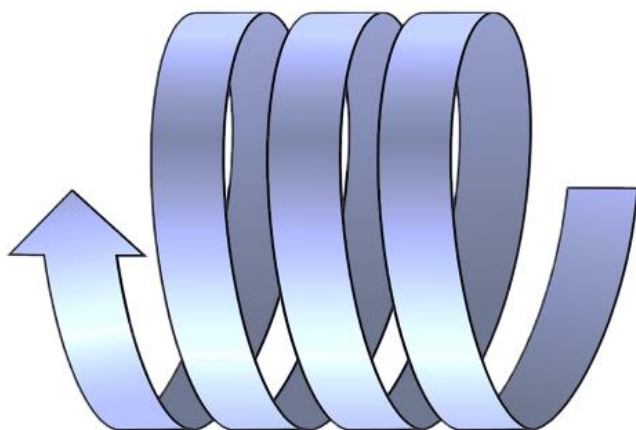
Fonte: (Adaptação de RAFAEL C. GONZALEZ; GONZALEZ, 2010)

4.3.1 Pitch

Durante uma aquisição de varredura helicoidal, o tubo de Raios-X gira continuamente em torno da mesa que se move através desse giro. É muito usual utilizar o pitch como uma referência para descrever o movimento da mesa de TC. Ele é definido como a distância de viagem da mesa de exames por rotação completa do tubo de Raios-X ao seu redor, dividida pela largura de colisão do feixe de Raios-X. Quando a alimentação da mesa e as colimações do feixe são idênticas, ou seja, movimento de 1 mm da mesa e largura de feixe de Raios-X de 1 mm, corresponde a um pitch de 1. Quando o movimento da mesa de exames é menor que a colimação do feixe, o pitch é menor que 1, o que corresponde a uma sobreposição de varredura. O operador do equipamento de TC pode seleccionar o passo em uma varredura helicoidal, o que tem influência direta na qualidade da imagem de TC e na dose que o paciente é exposto (ROMANS, 2011).

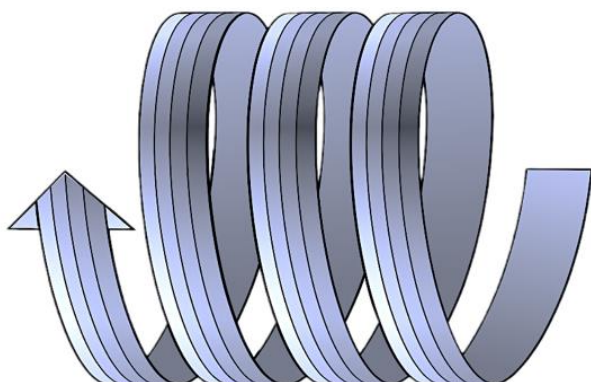
A figura 5 ilustra o sentido e forma da aquisição de imagens. Num tomógrafo com um canal de detecção, a espessura do feixe de Raios-X é igual à espessura da fatia final. Já a figura 6 mostra como é a aquisição de imagens em tomógrafos multidetectores.

Figura 5 – Representação do sentido de aquisição de imagens.



Fonte: autor da dissertação

Figura 6 - Aquisição de imagens tomográficas por meio de equipamentos multidetectores.



Fonte: autor da dissertação

O pitch está diretamente ligado a qualidade de reformatação da imagem adquirida, processo pelo qual a imagem nativa adquirida em um plano axial pode ser pós-processada em diferentes planos se de secção (sagital, coronal ou oblíquo) com o propósito de estudar a anatomia dos pacientes em diferentes visões em busca de alteração. Esse recurso também fornece dados para renderização do exame em imagens de três dimensões (3D). Quanto maior o pitch menor a qualidade das reformatações e menor a dose no paciente, quanto menor a qualidade de informações para reformatação das imagens tomográficas, porém maior a dose no paciente (RAFAEL C. GONZALEZ; GONZALEZ, 2010).

4.3.2 Espessura de Corte

O exame de TC entre outros fatores, depende muito da espessura da fatia a ser estudada para determinar a existência ou não de uma patologia. Esse parâmetro é pré-definido no equipamento com base no protocolo de exames institucional, que por sua vez são elaborados com base nas mais recentes publicações (ACR, 2022).

Apesar de se tratar de um parâmetro pré-definido, ele pode facilmente alterado pelo operador do tomógrafo de acordo com a necessidade ou de forma imprudente, podendo aumentar significativamente o nível de radiação que o paciente será exposto durante o exame (BOOS, J.; MEINEKE; RUBBERT; et al., 2016). A legislação brasileira determina um limite de dose por fatia

(MINISTÉRIO DA SAUDE, 2021), porém não determina um limite de fatias por exame, ou seja, por mais que o protocolo do exame esteja ajustado e seguindo as normativas em vigor, o uso indiscriminado do recurso de configuração da espessura de corte pode ser uma prática nociva do ponto de vista de radioproteção para o paciente. Monitorar a dose total que o paciente é submetido demonstra ser mais sensato e relevante (SMITH-BINDMAN; MIGLIORETTI, 2011).

4.4 Dados contidos no relatório de dose

A estrutura do relatório de dose é padronizada entre os fabricantes de equipamentos de tomografia em todo mundo por meio do protocolo DICOM, que corresponde a uma série de regras estabelecidas em 1983 por um comitê compostos por representantes de todos os fabricantes de equipamentos médicos digitais (HUSSEIN et al., 2004). DICOM significa *Digital Imaging and Communications in Medicine*, o que em português é Comunicação de Imagens Digitais na Medicina (ROBSON FAGUNDES, 2020).

O relatório de dose é demonstrado na figura 7. Nada mais é do que uma imagem digital que segue rigorosamente o protocolo DICOM, sendo armazenado no PACS (sistema de armazenamento e gerenciamento de exames digitais que seguem o protocolo DICOM). Esse armazenamento normalmente é feito pelo operador do tomógrafo, ao término do exame o profissional envia os exames e o relatório ao PACS manualmente.

A proteção radiológica sempre fez parte da rotina de realização de exames de TC, desde da criação do primeiro tomógrafo à necessidade de se entender o nível de radiação utilizado e a estimativa de dose que o paciente recebeu (PETRIK et al., 2006). Os descritores de dose presentes no relatório de dose são o $CTDI_{vol}$, DLP e DLP total. A figura 8 destaca os itens relacionados a dose no exame de TC.

Figura 7 – Exemplo de relatório de dose com os dados da paciente e os descritores de dose do exame realizado.

Patient Name: TOMOGRAFO GE ACT REVOLUTION DO H Exam no: 38664
 Tomografo Ge Act Revolution Do Hrc Hospital Regional da Cotia
 H8996789 HRC Controle de Qualidade Semanal de Tomografo GE
 01/07/2019 Relatório de Dose
 29/11/2021 09:18:45
 H8996789-HRC
 Exam Description: Controle de Qualidade Semanal do Tomografo GE ---
 LOC: ---
 HFS

Relatório de Dose

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Axial	S58.000-S63.000	38.39	38.39	Head 16
3	Axial	S127.000-S122.000	38.39	38.39	Head 16
Total Exam DLP:				76.78	

Fonte: autor da dissertação

Figura 8 – Dados contidos no relatório de dose.

HFS

Relatório de Dose

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Axial	S58.000-S63.000	38.39	38.39	Head 16
3	Axial	S127.000-S122.000	38.39	38.39	Head 16
Total Exam DLP:				76.78	

Fonte: autor da dissertação

Descrição de cada item do relatório de dose:

- Retângulo rosa “Type”: corresponde ao tipo de aquisição, que nos tomógrafos mais modernos podem ser “Scout” (planejamento da aquisição de imagens), “Axial” forma de aquisição com a mesa de exames estática enquanto o tubo de Raios-X gira entorno da região de interesse e “Helical” que é quando a mesa se movimenta enquanto o tubo gira entorno do paciente (OMMAYA et al., 2014).
- Retângulo azul “Scan Range”: Área exposta, ou estudada em milímetros,

correspondente a área de interesse para o estudo tomográfico (RODRIGUES et al., 2012).

- Retângulo Vermelho “CTDI_{vol}”: Dose estimada em uma única fatia (imagem do exame) da região de interesse, como demonstrado na figura 9, correspondente a uma fração da região a ser estudada. O valor da dose é dado em miliGray (SMITH-BINDMAN; MIGLIORETTI, 2011)
- Retângulo Verde “DLP”: Dose estimada da estrutura estudada, como demonstrado na figura 9. O DLP (*Dose length product*, ou em português Produto Dose-Comprimento), corresponde a soma dos CTDI_{vol}. O valor é dado em miliGray por centímetro (ROMANO et al., 2015).
- Retângulo Amarelo “Phantom”: Valor correspondente a colimação do feixe de radiação utilizado para a aquisição das imagens (o equipamento utilizado nesse estudo possui colimação de 16 e 32 centímetros). Esse recurso é utilizado para concentrar os pixels da imagem em um campo menor, proporcionando uma melhor resolução espacial, ideal para estruturas pequenas como crânio, pescoço e extremidades (ROMANS, 2011). O exemplo do uso correto do recurso é demonstrado na figura 10.

4.5 Os descritores de dose

Os descritores de dose na TC são o CTDI (do inglês, *Computed Tomography Dose Index*) e o DLP (do inglês, *Dose Length-Product*), sendo utilizados para estimar a dose em exames de TC a partir do uso de um simulador de acrílico de 16 cm ou 32 cm (TSAPAKI et al., 2006).

Em resumo o CTDI é um descritor de dose utilizado para estimar a dose em uma fatia de corte axial na TC, sendo representado como CTDI_{vol} quando representa uma série de fatias em uma única série do exame de TC (SMITH-BINDMAN; MIGLIORETTI, 2011). O DLP corresponde a estimativa de exposição total do paciente em um exame de TC, ou seja, a soma do CTDI_{vol} de cada série de aquisição realizada dentro do mesmo exame.

O CTDI_w se ajusta para fornecendo uma média ponderada de medições no centro e das periferias da fatia. O parâmetro de dose de radiação CTDI_{vol} leva o processo um passo adiante, levando em conta a variação de exposição na direção

z. Para sequências helicoidais, o $CTDI_{vol} = CTDI_w/pitch$. Pitch é uma referência para descrever o movimento da mesa de TC. Quando a alimentação da mesa e as colimações do feixe são idênticas, ou seja, movimento de 1 mm da mesa e largura de feixe de Raios-X de 1 mm, corresponde a um pitch de 1. O $CTDI_{vol}$ é então a expressão preferida da dose de radiação na dosimetria por TC. O CTDI pode ser expresso pela equação abaixo (DIXON, 2019):

$$CTDI = \frac{1}{nT} \int_{Z_2}^{Z_1} D(z) dz \text{ (mGy)}$$

em que n é o número de cortes adquiridos em única rotação do tubo da tomografia, T espessura nominal do corte tomográfico ou a amplitude do grupo de detectores utilizados no caso de TC com múltiplos detectores, Z_1 é o perfil da dose absorvida ao longo do eixo Z Inicial 1, Z_2 é o perfil da dose absorvida ao longo do eixo Z Inicial 2 e $D(z)dz$ é o perfil da dose absorvida ao longo do eixo z em miliGray (DIXON, 2019).

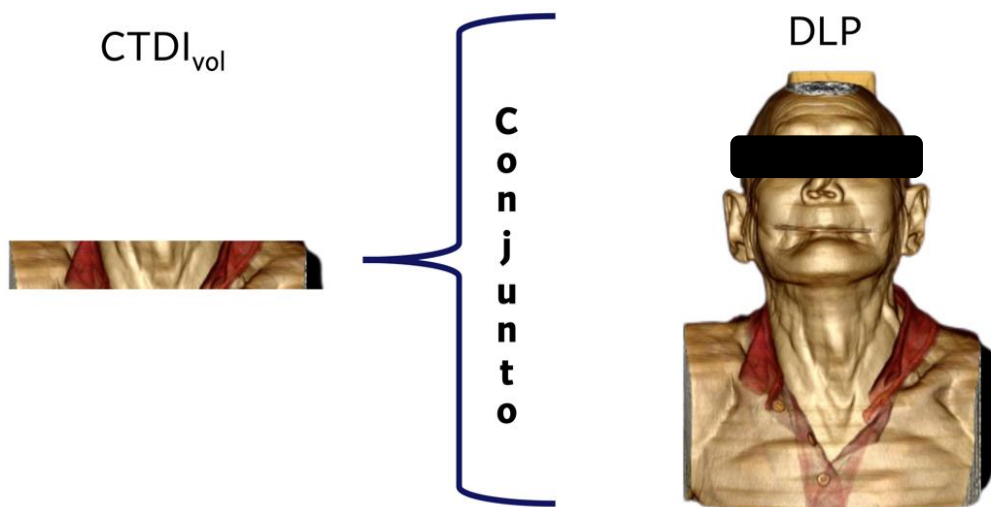
O CTDI pode ser medido usando uma câmara de ionização tipo lápis de 100 mm de comprimento, seja no ar ($CTDI_{air}$) ou em um simulador cilíndrico de polimetilmetacrilato (PMMA) simulando a cabeça (cabeça-H, 16 cm de diâmetro) e o corpo (corpo-B, 32 cm de diâmetro). A legislação atual determina limites de dose em pacientes adultos e pediátricos utilizando os valores de CTDI como referência em exames específicos como abdome e crânio (MINISTÉRIO DA SAUDE, 2021)

O $CTDI_{vol}$ é uma medida de exposição por fatia e é independente do comprimento da varredura. Se o comprimento irradiado da varredura deve ser contabilizado, o parâmetro usado é o produto dose-comprimento (DLP):

$$DLP = CTDI_{vol} \cdot \text{comprimento da varredura}$$

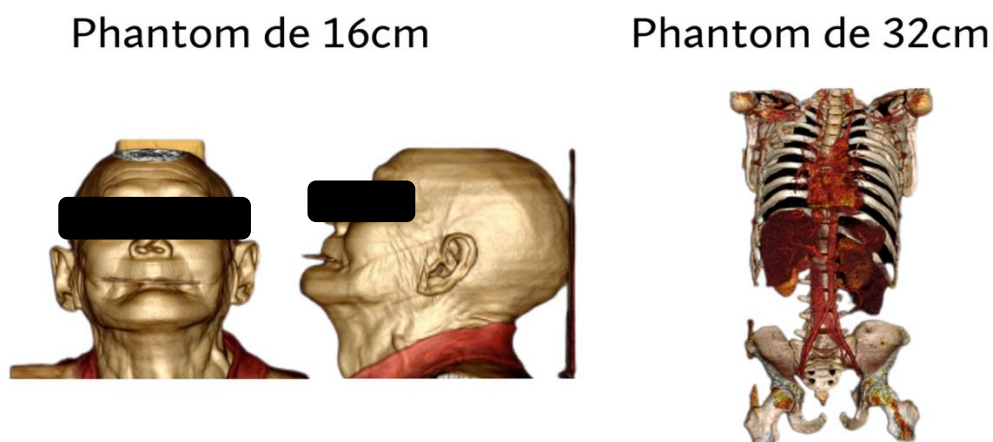
Embora o DLP reflita mais de perto a dose de radiação para um exame de TC específico, seu valor é afetado por variâncias na anatomia do paciente. Portanto, o $CTDI_{vol}$ é uma ferramenta mais útil para comparar doses de radiação entre diferentes protocolos.

Figura 9 – Exemplo da relação CTDI e DLP.



Fonte: autor da dissertação

Figura 10 – Exemplo do uso correto do Phantom (colimação do feixe de radiação).



Fonte: autor da dissertação.

4.6 O sistema DICOM

O *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) é um padrão usado para comunicação de imagens médicas. Ele substituiu o padrão ACR-NEMA (*American College of Radiology–National Electrical Manufacturers Association*). Uma grande revisão que incorporou o padrão de rede existente foi introduzida em 1992, especificando padrões para sistemas de imagem digital em medicina para manipulação e transmissão de informações (LAW; LIU, 2009).

DICOM-SR é uma arquitetura de documento projetada para codificar e trocar informações usando a estrutura hierárquica e serviços DICOM. Em outras palavras, DICOM-SR introduz definições de objetos de informação DICOM (IODs) e serviços usados para o armazenamento e transmissão de relatórios estruturados. Os IODs DICOM definem as estruturas de dados que descrevem objetos do mundo real (por exemplo, pacientes, imagens, relatórios) que estão envolvidos nas operações de radiologia. Os serviços DICOM estão preocupados com armazenamento, consulta, recuperação e transferência de dados (HUSSEIN et al., 2004).

Basicamente, um documento SR consiste em uma sequência de nós chamados “*Content Items*” que são ligados entre si com relacionamentos em forma de árvore. Cada item de conteúdo é representado por um par nome/valor. O nome refere-se mais precisamente a um único “Nome do Conceito”, que é definido por um código e não por texto livre para facilitar a indexação e a busca. Portanto, qualquer nome de conceito é representado por uma entrada codificada que usa atributos de codificação de triplete como segue:

- a. o valor do código, que é um identificador legível e pesquisável por computador;
- b. o designador do esquema de código, que é um identificador da organização de codificação; e
- c. o significado do código, no qual o texto legível por humanos é inserido para ser exibido.

Templates para a visualização dos descritores de dose em exames de TC foram desenvolvidos em cooperação com físicos médicos para incorporar métricas de resumo comuns, como *Computed Tomography Dose Index (CTDI)* e *Dose Length Product (DLP)*, bem como informações do tamanho do *Scan Field of View (SFOV)* em uma imagem DICOM. Esses parâmetros são utilizados para estimar a dose de radiação para um paciente (ARAUJO et al., 2016).

O uso sistemático do relatório DICOM-SR em larga escala foi descrito em 2015 por J. Boos et al. com o propósito de avaliar a influência no índice de massa corporal (IMC) na exposição à radiação ionizante de 3620 pacientes submetidos à tomografia computadorizada. O autor afirma que os dados contidos no relatório se mostraram confiáveis para análise da exposição à radiação ionizante. Os dados foram extraídos utilizando um software fornecido pelo fabricante do equipamento

e exportados em formato XML (*Extensible Markup Language*), o que facilitou a interpretação dos dados através de software específico para análise estatística (BOOS, J. et al., 2015).

O presente trabalho utiliza uma metodologia de extração de dados semelhante a metodologia descrita por Jaydev K. Dave e Eric L. Gingold em 2013, onde os autores descreveram uma forma de extração das informações contidas no relatório de dose é feita por meio de software específico com recurso de reconhecimento óptico de caracteres (OCR). Por mais que a extração de dados por OCR possua erros, possibilita a coleta de informações importantes em exames incompletos ou com dados parciais de informações de dose (DAVE; GINGOLD, 2013b).

O uso do DICOM-SR possibilita ainda, a criação software de análise da dose de exposição em exames de TC como descrito por Stamm e Nagel em 2002. Os autores criaram um software baseado no Microsoft Excel[®] que estima a dose por região do corpo, idade e sexo, permitindo uma auditoria mais precisa da dose efetiva em cada paciente. O sistema descrito também pode estimar a dose no feto, o que possibilita uma avaliação da dose e estabelecimento de níveis de segurança para a gestação (STAMM; NAGEL, 2002).

5. METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho se divide nas seguintes partes:

- Revisão da literatura para escolha de um descritor de dose eficiente e que traga benefício na análise da exposição à radiação ionizante dos pacientes submetidos a tomografia computadorizada;
- Desenvolvimento de uma metodologia de coleta das informações de dose de exposição de cada exame;
- Criação de um banco de dados seguro com informações das exposições de cada paciente submetidos a tomografia computadorizada;
- Avaliação do sistema em pacientes;
- Criação de site para divulgar o trabalho, focando como a metodologia pode ser implementada em qualquer hospital.

5.1 O local do estudo

O presente trabalho nasce em 2015 a partir de uma provocação em uma reunião de encarregados de radiologia, onde a gerente executiva do Serviço Estadual de Diagnóstico por Imagem (SEDI2), órgão governamental responsável pela gestão, manutenção, execução e emissão de laudos de exames de imagem em alguns hospitais do estado de São Paulo, questiona a existência de um relatório de dose emitido pelos nossos equipamentos de tomografia computadorizada que não era utilizado. Foi solicitando à todos os encarregados para que pensassem um uso para esse recurso de forma que possa trazer benefícios para os pacientes e processos. A ideia de uso do relatório de dose foi desenvolvida, implementada e avaliada no Hospital Regional de Cotia (HRC).

O HRC é uma unidade hospitalar fundada em 28 de janeiro de 1968 atendendo exclusivamente pacientes SUS até e 1995, quando começou o atendimento privado para aumentar a sua receita. Em 2001 em decorrência de uma grave crise financeira, a Prefeitura de Cotia por meio do decreto Municipal nº 4808 de 30/11/2011 interveio na administração do hospital, o que durou pouco mais de 5 anos até ser estadualizado em setembro de 2007. A partir de 2009, o hospital

passou a ser administrado pela SECONCI OSS SP, uma organização social sem fins lucrativos. A gestão do setor de diagnóstico por imagem foi repassada para o SEDI 2 por meio de licitação (SECONCI OSS SP, 2014; SECONCI OSS SP, 2022b). O hospital pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 – Vista aérea do Hospital Regional de Cotia (HRC)



Fonte: (SECONCI, 2022).

Atualmente a unidade hospitalar funciona 24 horas, 7 dias por semana, possuindo o perfil de hospital geral para urgência e emergência referenciada, ou seja, atendimento exclusivo para casos graves encaminhados por outras unidades hospitalares de atendimento primário e/ou traumas trazidos pelo serviço de atendimento de emergência rodoviário, estadual ou municipal. O setor de diagnóstico por imagem possui um equipamento de tomografia computadorizado ACT Revolution fabricado pela General Eletric (Figura 12) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022a).

Em 2007 a empresa fundou o Instituto de Ensino e Pesquisa Armênio Crestana (IEPAC), um instituto responsável pela promoção do ensino e pesquisa em toda rede de hospitais e ambulatórios da sua rede por meio de Núcleos de Ensino e Pesquisa (NEP) (SECONCI OSS SP, 2022b). Todos os projetos de pesquisa são submetidos ao IEPAC via Plataforma Brasil, onde Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Pesquisa do IEPAC avalia, por meio da sua banca examinadora, os aspectos éticos, legais e científicos de cada trabalho (SECONCI

OSS SP, 2022a).

Figura 12 – Sala de exames de tomografia computadorizada do Hospital Regional de Cotia.



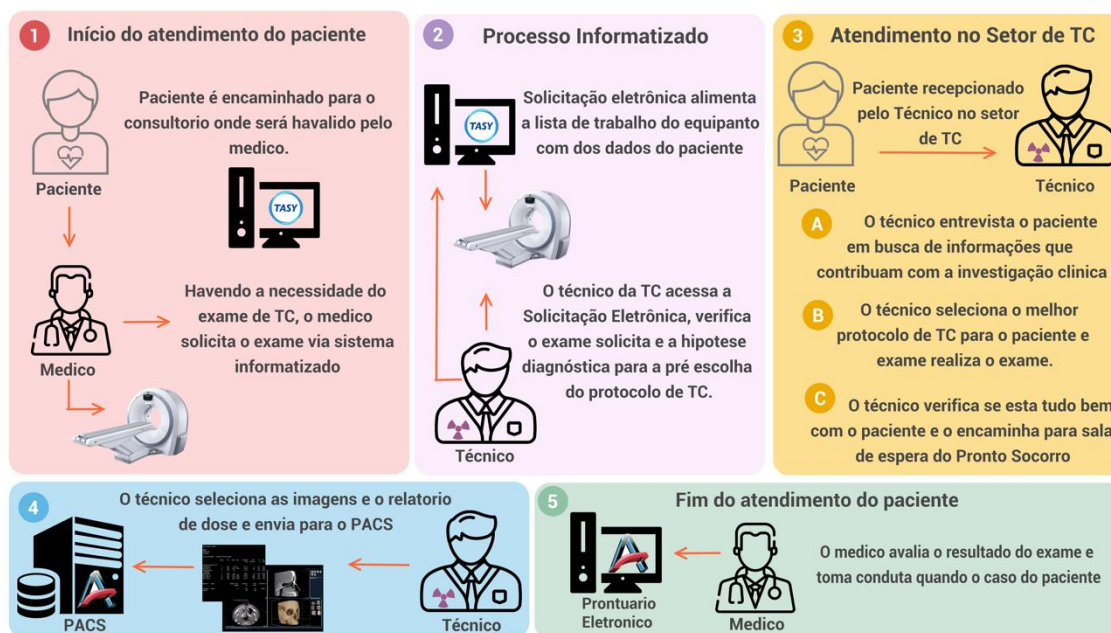
Fonte: Autor da tese

O presente trabalho foi submetido à Plataforma Brasil em 16 de dezembro de 2020, sendo recebido pelo CEP Serviço Social da Construção Civil do Estado de São Paulo em 08 de fevereiro de 2021, com aprovação em 26 de maio de 2021 por meio do parecer nº 4.735.591 sob Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) 42959320.0.0000.0083.

5.2 O caminho do paciente no hospital e como o relatório é gerado.

A figura 13 demonstra detalhadamente o fluxo de realização do exame de TC pelo paciente do pronto socorro. O paciente é atendido pelo médico, que avalia a necessidade do exame de TC, realiza a solicitação via sistema Tasy®, gerando uma prescrição eletrônica que irá alimentar o equipamento de TC com os dados do paciente como nome completo, data de nascimento, idade e peso. Esses dados servem de parâmetro inicial para escolha do melhor protocolo de exames, sendo baseada na hipótese diagnóstica do médico solicitante e nas informações fornecidas pelo paciente quando esse chegar no setor de TC.

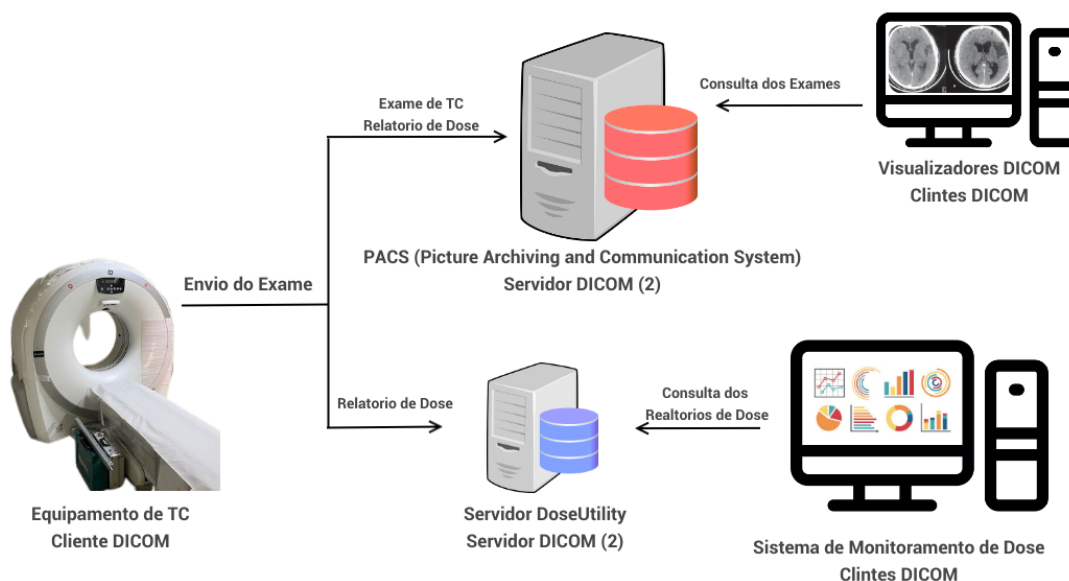
Figura 13: Fluxograma da realização de um exame de TC de um paciente oriundo do pronto socorro.



Fonte: Autor da dissertação

Todo equipamento de CT possui o recurso de envio dos exames via protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*) para qualquer Servidor DICOM (local onde está instalado o PACS). O tomógrafo além de fornecer as imagens médicas, também é um cliente DICOM, sistema que consulta serviços do PACS. Todos os sistemas que consultam ou enviam dados para o servidor DICOM são definidos como cliente DICOM.

Figura 14 - Esquemática do envio dos exames e do relatório de dose via protocolo TCP/IP, demonstrando os servidores e os clientes DICOM.



Fonte: autor da dissertação

O servidor DoseUtility™ armazena apenas os relatórios de dose que são enviados pelo tomógrafo ao término de cada exame de forma oculta e automática, independente se o exame será analisado pela equipe médica ou não, pois o intuito é controlar a exposição do paciente de forma geral e não apenas a exposição proveniente de exames corretos. Esses dados ficam armazenados no sistema prontos para serem avaliados por um software pago (de alto custo).

5.3 Metodologia proposta

Para a escolha da melhor metodologia de coleta e gerenciamento dos dados de dose dos pacientes submetidos a tomografia computadorizada foi levado em consideração a estabilidade e consistência dos dados em um ambiente controlado, onde a quantidade de exames realizados e protocolos utilizados era conhecida, para testar a acurácia do software utilizado para leitura dos relatórios. Para entender o resultado do software, é necessário compreender o que é um relatório de dose e como é realizado as medidas dos descritores de dose, bem como a sua forma de armazenagem habitual.

5.3.1 Envio do relatório de dose DICOM-SR

Sendo o relatório de dados um arquivo em formato DICOM, com todos os dados do paciente e do exame realizado, um sistema poderia receber esses dados e converter as informações em dados tabulados para análise em forma de planilha. A problemática surge em dois momentos, o arquivo enviado pelo equipamento é uma imagem e o envio é operador-dependente, ou seja, depende da intervenção operacional para que seja realizado.

O cliente DICOM é o programa responsável por receber os arquivos gerados pelo tomógrafo. Esse tipo de software pode possuir diversas funcionalidades, o que pode influenciar nos seus valores comerciais. O sistema receptor DICOM deste trabalho utiliza o software DoseUtility™, uma ferramenta gratuita de código aberto criado para o usuário consultar, recuperar, importar e extrair e relatar informações de dose de radiação. Escrito em Java puro, o programa possibilita seu uso em qualquer plataforma de sistema operacional, podendo ser iniciado a partir da web sem instalação no computador, importando as informações DICOM a partir de CD, disco rígido local, de uma unidade de rede compartilhada ou qualquer outra mídia, com ou sem um diretório DICOM. O sistema possibilita arquivar e consultar arquivos DICOM com os descritores de dose exportando os dados em forma de planilha tabulada, sendo esses dados obtidos por meio imagem de captura de tela usando o OCR e/ou pelas informações de dose contidas no cabeçalho DICOM dos Relatórios Estruturados de Dose de Radiação (RDSRs), pois o software fornece as duas leituras na mesma extração dos dados, sendo de escolha do usuário a forma utilizada para realização do o estudo estatístico da dose (PIXELMED, 2010).

5.3.2 Armazenamento do relatório de dose DICOM-SR

O equipamento de tomografia computadorizada possui o recurso de envio automático do relatório de dose para até 5 locais diferentes ao término do exame. Inicialmente o envio para um cliente DICOM se tornou interessante, pois a análise dos dados se torna mais eficiente. Porém, o cliente DICOM escolhido para trabalho apresenta uma limitação considerável para a segurança no armazenamento dos relatórios, pois esses arquivos são armazenados em uma pasta temporária do Windows®, o que significa a perda de informações caso o computador seja

reiniciado.

Após uma reunião com o setor de tecnologia da informação do Hospital Regional de Cotia, a solução encontrada foi a de manter o cliente DICOM instalado no mesmo servidor do HIS (*Hospital Information System*), o que proporcionaria uma segurança maior, visto que esse servidor nunca é desligado (o desligamento desse servidor acarretaria a parada de todos os sistemas do hospital).

A coleta de dados passou a ser mais segura e sem registro de perda de informação até o término dessa dissertação. A única dificuldade apresentada foi a lentidão da coleta de informações em períodos específicos dos dias, onde a rede do hospital está sobrecarregada, principalmente por volta das 08:00, horário preferido da equipe médica para prescrição e solicitação de exames.

5.3.3 Metodologia de coleta de dados

A coleta dos dados dos descritores de dose foi feita por meio do software DoseUtility™, quatro formas de coleta foram testadas;

- Método 1 - Supervisor consulta dos relatórios diretamente no PACS
- Método 2 - Envio manual do relatório do tomógrafo para o computador do supervisor, para consulta direta
- Método 3 - Envio Automático do relatório do tomógrafo para o computador do supervisor, para consulta direta.
- Método 4 - Envio Automático do relatório do tomógrafo para um servidor do hospital, onde o supervisor consulta o servidor para obtenção dos dados de dose

5.3.3.1 Método 1 - Coleta direta do PACS

O software DoseUtility™ foi configurado para consultar os exames de TC diretamente no PACS. Para isso acontecer o software foi instalado no computador do supervisor de proteção radiológica do HRC e configurado com os dados de IP e porta do PACS, se tornando um cliente DICOM para consulta de exames. Para permitir a consulta do sistema ao banco de dados do PACS, foi necessário contatar o administrador do PACS para cadastro das informações do IP, porta e AE-Title (nome do cliente DICOM) do DoseUtility™. A figura 15 mostra essa metodologia.

5.3.3.2 Método 2 - Envio manual do relatório do tomógrafo para o computador do supervisor

O computador do supervisor foi cadastrado como um novo PACS no tomógrafo e o técnico ficou responsável pelo envio do relatório de dose para o computador do supervisor, da mesma forma que envia o exame, mudando apenas o destino dos arquivos. A figura 16 mostra essa metodologia.

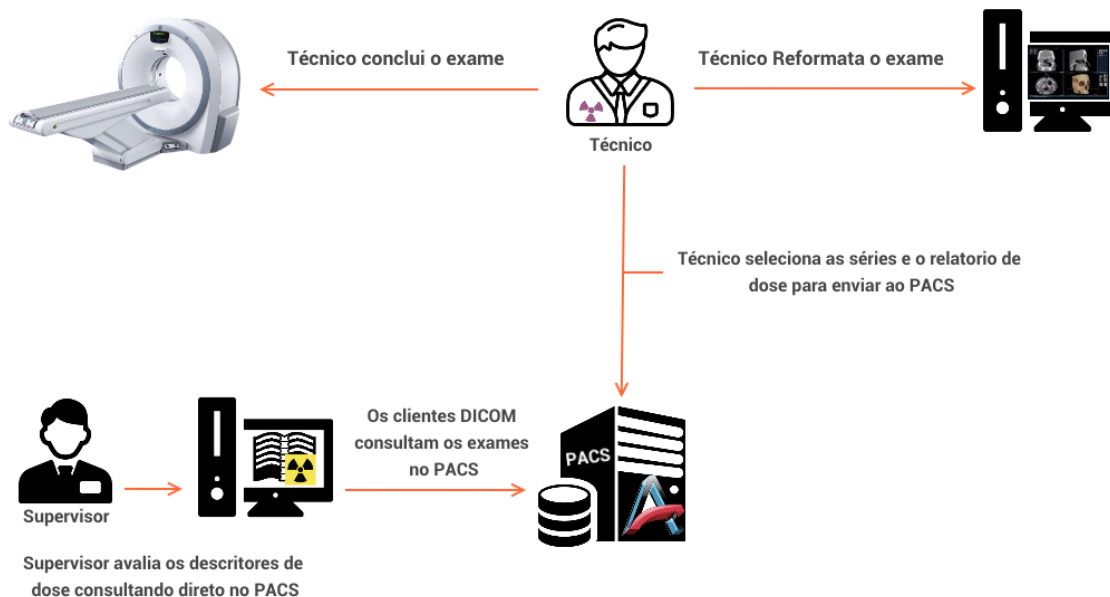
5.3.3.3 Método 3 - Envio Automático do relatório do tomógrafo para o computador do supervisor.

O computador do supervisor foi cadastrado como um servidor PACS no tomógrafo, isso possibilitou a edição dos protocolos de exame com a exigência de envio automático do relatório de dose para um servidor. A figura 17 mostra essa metodologia.

5.3.3.4 Método 4 - Envio Automático do relatório do tomógrafo para um servidor do hospital.

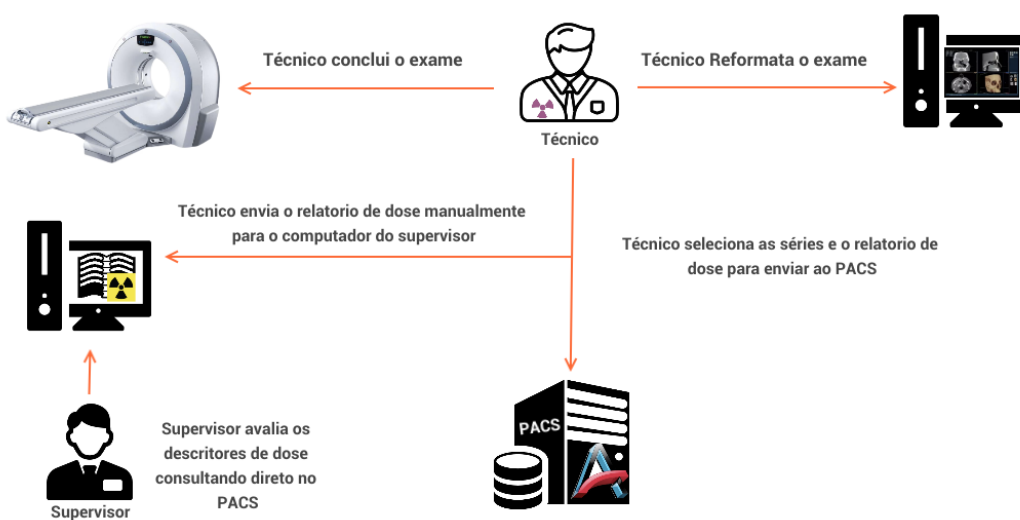
Com o cliente DICOM instalado no servidor do hospital, bastou instalar o mesmo cliente em computadores do setor de diagnóstico por imagem para consultar o cliente do servidor do HIS para carregar os relatórios localmente e iniciar a extração dos dados de forma tabulada para importação em planilha. A figura 18 mostra essa metodologia.

Figura 15 – Fluxograma do método 1, onde o supervisor consulta os dados de dose por meio do DoseUtiliy™ diretamente no PACS



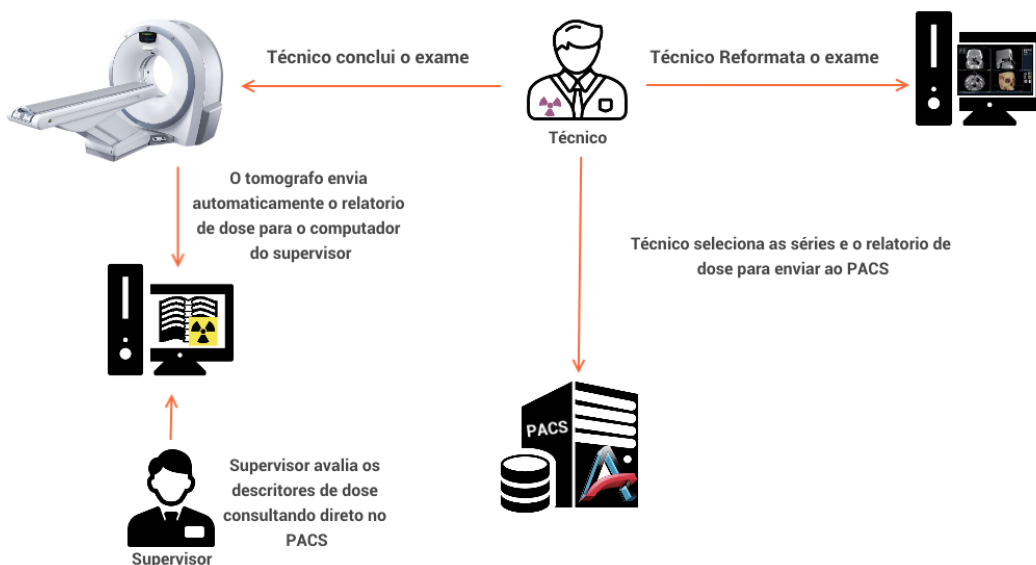
Fonte: autor da dissertação

Figura 16 – Fluxograma da consulta da dose por meio do DoseUtiliy™ instalado no computador do supervisor de proteção radiológica, que recebeu os relatórios enviados pelo operador do equipamento de TC.



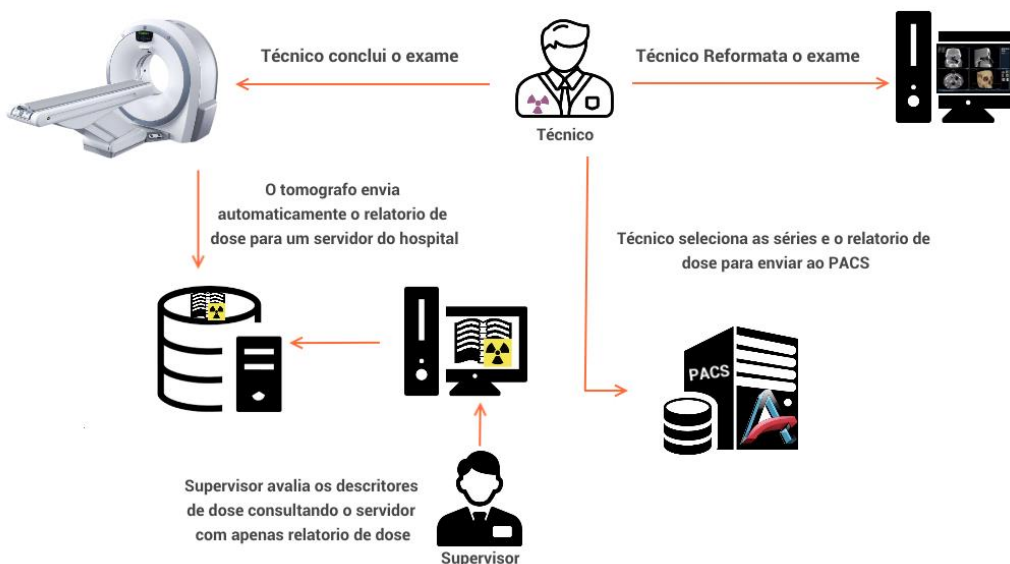
Fonte: autor da dissertação

Figura 17 – Fluxograma da consulta do DoseUtiliy™ direta no PACS.



Fonte: autor da dissertação

Figura 18 – Fluxograma da consulta do DoseUtiliy™ direta no PACS.



Fonte: autor da dissertação

5.4 Metodologia de análise dos dados contidos no relatório de dose

Para manter a metodologia o mais simples e de baixo custo, foram utilizados recursos do Google®, já que eles são gratuitos e largamente disponíveis (GOOGLE,

2022b).

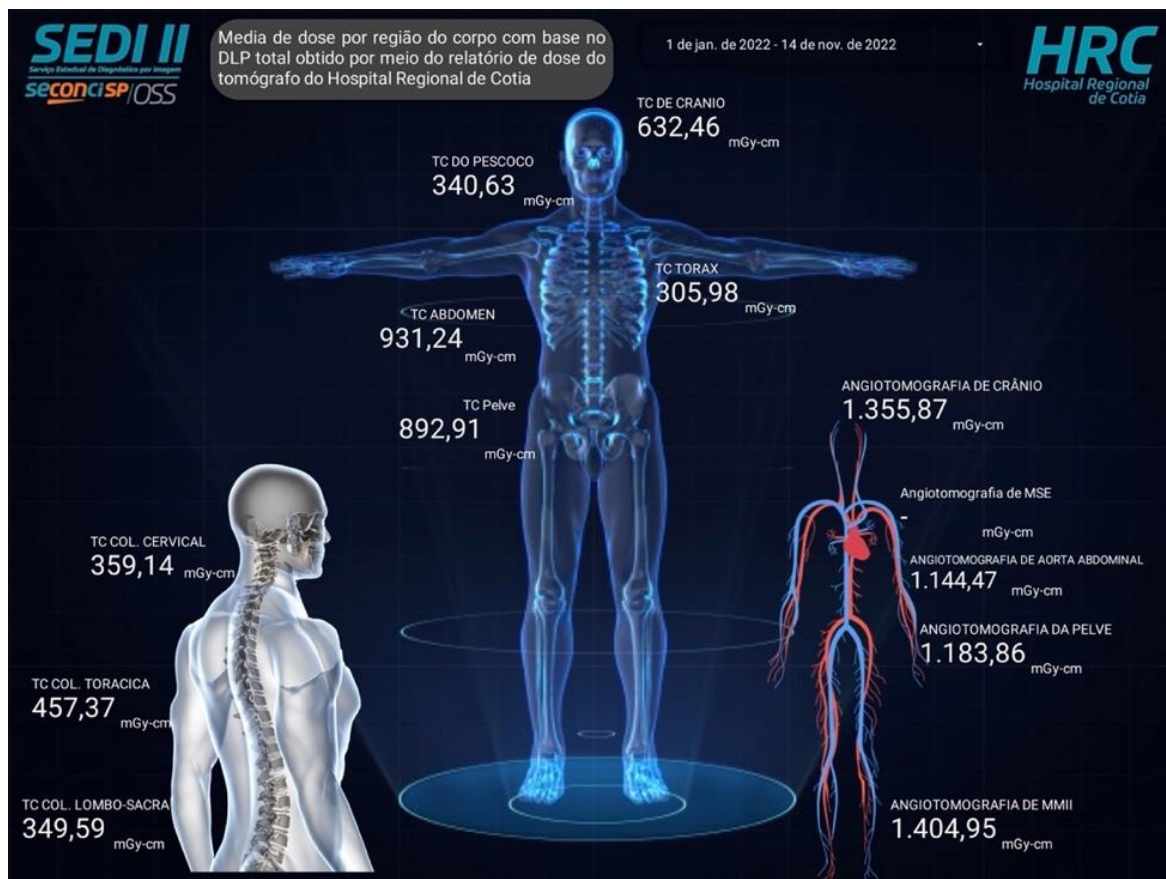
A organização dos dados foi feita no Google Planilhas que é um sistema gratuito com recursos estatísticos necessários para análise dos dados de forma simples e fácil, muito parecido com sistemas pagos (GOOGLE, 2022c). A possibilidade de organizar esses dados em nuvem facilita o acesso aos dados e aumento significativo da segurança dos dados (BOOS, A. J. et al., 2016; BOOS, J.; MEINEKE; RUBBERT; et al., 2016; DAVE; GINGOLD, 2013a; NOËL et al., 2013).

5.5 Metodologia divulgação dos dados analisados

Todos os dados de identificação dos pacientes que serão monitorados são protegidos e não podem ser acessados sem autorização em respeito a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), Lei nº 13.709/2018. Apenas os dados relacionados a dose de exposição, idade do paciente e região do corpo exposta serão utilizados para monitoramento dos protocolos utilizados.

Para melhor visualização da média de exposição dos pacientes por parte do corpo, foi criada uma *dashboard* (Figura 19) de monitoramento de dose de exposição foi criada utilizando a ferramenta gratuita do Data Studio do Google, sistema online para converter dados de diversas fontes, em painéis e relatórios informativos personalizáveis. O recurso foi apresentado pelo Google em 15 de março de 2016 (GOOGLE, 2022a).

Figura 19 – *Dashboard* de monitoramento de dose média de exposição por parte do corpo de pacientes submetidos a exames de TC com base nos relatórios de dose.



Fonte: autor da dissertação

5.6 Site de divulgação do trabalho

Os resultados desse trabalho foram compilados em uma lista de recomendações. Para a divulgação dos resultados, foi criado um website na plataforma gratuita site123. Foram utilizadas imagens na confecção de painéis explicativos de metodologia, resultados e recomendações. Essas imagens são de copyright gratuito obtidas no site freepik e flaticon ou criadas pelo autor da tese. As referências dessas imagens se encontram na última sessão do website. O site pode ser acessado pelo endereço <https://61a6fa1442399.site123.me/>.

O site demonstra passo a passo do processo de implantação das ferramentas utilizadas no presente trabalho, também será possível que os interessados baixem uma copia dessa dissertação. O objetivo é proporcionar a

adesão de hospitais a prática de controle de exposição bem como a aplicação na prática de recursos corretivos para garantir uma dose de exposição cada vez tão baixa quanto razoavelmente exequível.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível avaliar o desempenho da metodologia por meio dos resultados obtidos em um ambiente controlado, onde os dados obtidos pelo software DoseUtility™ foram verificados manualmente quanto a quantidade de relatórios analisados, valores dos descritores de dose e a existência de duplicidade de informações nos resultados obtidos. Exemplos do uso desses dados são descritos a seguir.

6.1 O protocolo analisado

O Hospital Regional de Cotia é uma unidade de saúde do governo do estado de São Paulo referencia em atendimento de vítimas de politraumatismo, pacientes com uma ou mais lesões graves, sendo em pelo menos duas áreas diferentes do corpo (BUTCHER; BALOGH, 2009). Para o desenvolvimento do trabalho de forma otimizada e sem alterações no banco de dados de descrição dos exames solicitados, os exames de abdome foram excluídos da análise de dose pelo fato de ser um exame realizado em sua maioria com o uso de meio de contraste, o que obrigatoriamente requer a exposição da mesma estrutura por pelo menos três vezes (SHYU et al., 2020), o que pode induzir uma interpretação errônea da dose que o paciente foi exposto.

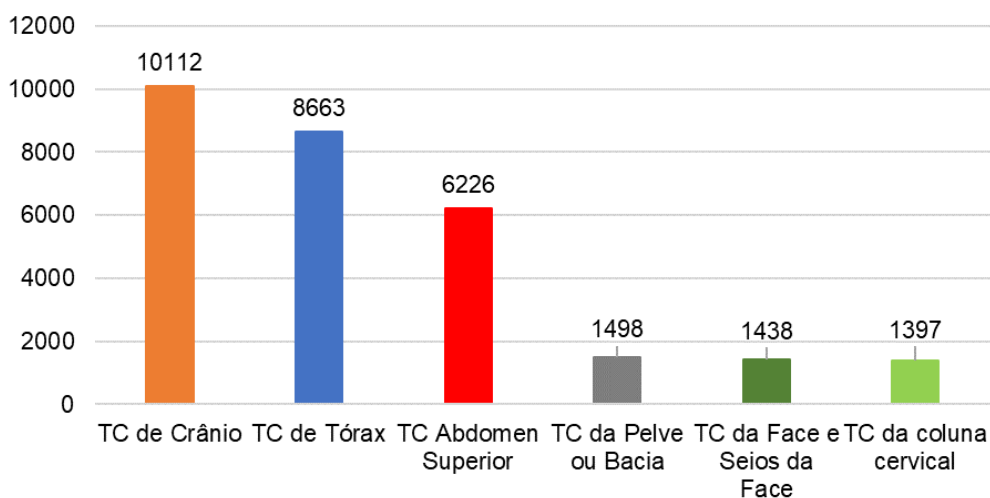
Os protocolos de crânio e tórax foram selecionados para análise dos descritores de dose, pois não apresentam grandes variação de protocolo, sendo realizado em sua maioria apenas uma aquisição de imagem, diferentemente do estudo tomográfico do abdome por exemplo. A TC de crânio para trauma correspondeu a 92 % dos exames realizados. Esse exame requer a aquisição de uma única sequência de imagens, com exposição do tecido cerebral, globo ocular e ossos do crâneo (LANFERMANN et al., 2019).

O estudo tomográfico do tórax em sua maioria é realizado sem uso de agente contrastante (VERSCHAKELEN; DE WEVER, 2018), o que não exige uma nova exposição da estrutura a ser estudada, facilitando a interpretação da dose do paciente e diminuindo o número de pacientes que requerem intervenção do responsável do setor para investigação de dose elevada e/ou fora dos padrões.

6.2 Os pacientes

Todos os pacientes submetidos a exames de TC de 01 de setembro de 2021 a 31 de agosto de 2022 tiveram seus relatórios de dose armazenados e analisados, o que correspondeu a um volume total de 33.617 relatórios, proporcionando uma compreensão precisa do cenário atual com relação a volume de exame realizado e dose de exposição estimada por exame. Os seis exames de TC mais realizados foram a TC de Crânio 10.112 exames (34,47 %), TC do Tórax 8.663 exames (29,53 %), TC do Abdome 6.226 exames (21,22 %), TC da Pelve 1.498 exames (5,11 %), TC da Face 1.438 exames (4,90 %) e TC da Coluna Cervical 1.397 exames (4,76 %). A figura 20 mostra a distribuição.

Figura 20 – Gráfico demonstrando a quantidade dos seis exames mais realizados no período do trabalho.



Fonte: autor da dissertação

Os dois exames mais realizados, TC de Crânio e de Tórax, foram considerados para obter informações importantes de estimativa de dose e testar a metodologia de coleta como ferramenta de proteção radiológica. Apesar disso, a ferramenta segue sendo utilizada pelo hospital para análise nos outros exames.

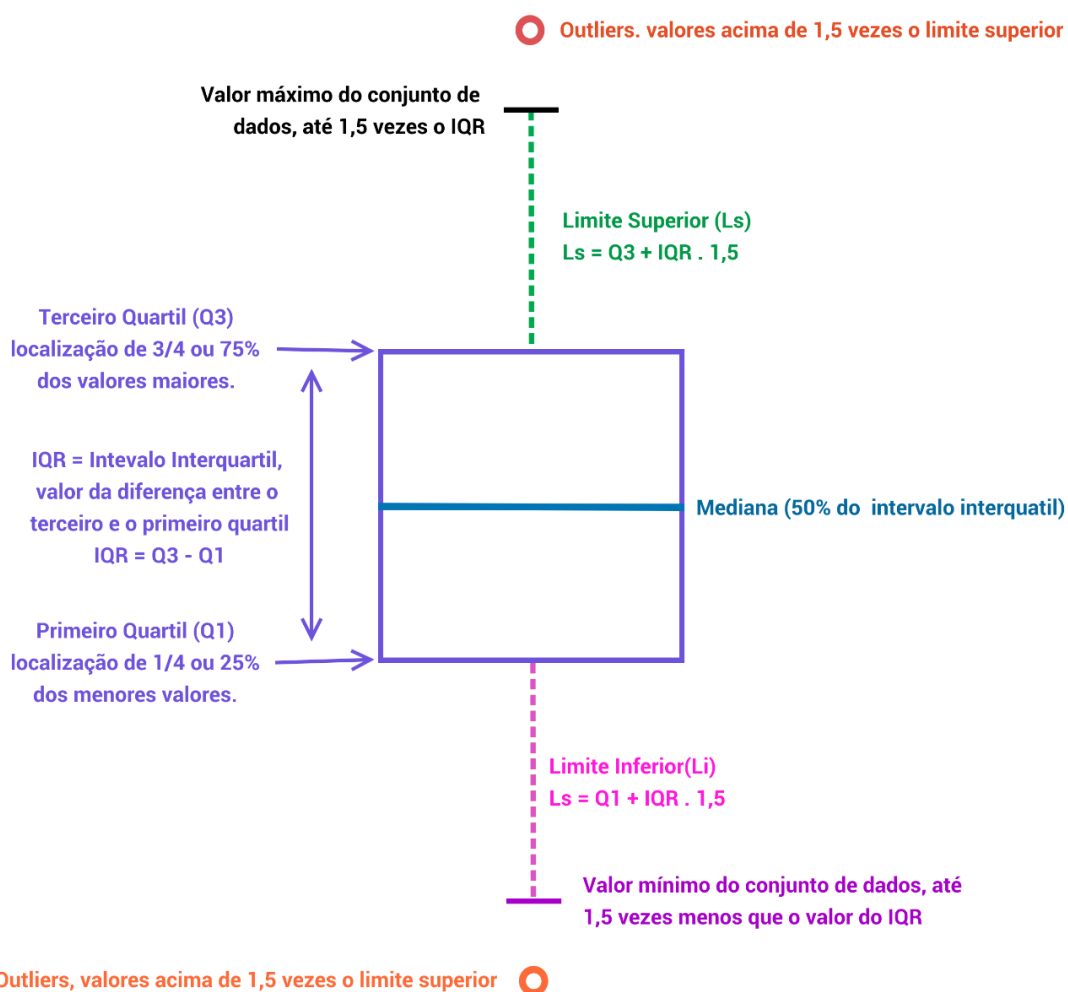
Todos os dados coletados e organizados em tabela servem como banco de dados para o monitoramento da dose dos pacientes. Os dados que identificam o paciente fora da unidade hospitalar são excluídos, apenas dados numéricos são

mantidos, ou seja, a identificação do paciente ocorre apenas dentro da rede do Hospital Regional de Cotia, com controle de acesso que segue as regras da rede do hospital.

A forma mais convencional de demonstra a distribuição de dose na literatura é em forma de gráfico Boxplot, sendo essa uma recomendação do *American College of Radiology* (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2021).

O bloxplot é uma forma mais detalhada da análise da distribuição de frequência de uma determinada amostra, onde os dados são separados de acordo com seus valores em limite inferior e superior, primeiro e terceiro quartil, valor mediano da amostra e valores discrepantes, tanto superior quanto inferior (SIQUEIRA, 2021). Os elementos desse gráfico são explicados detalhadamente na figura 21 e tabela 1 para melhor compreensão dos valores expressos no exemplo da figura 23.

Figura 21 – Elementos presentes no gráfico Boxplot.



Fonte: autor da dissertação

Tabela 1 – Detalhando cada camada do gráfico boxplot.

Mínimo	Valor mínimo do conjunto de dados, até 1,5 vezes menos que o valor do IQR (definição abaixo)
Q₁	Valor correspondente ao primeiro quartil, onde se localiza 1/4 ou 25 % dos menores valores
Mediana	Mediana ou segundo quartil (Q ₂), local onde ocorre a divisão da metade superior (ou 50 %) da metade inferior da amostra
Q₃	Terceiro quartil, onde localiza-se 3/4 ou 75 % dos valores maiores
Máximo	Limite superior (tamanho ou extremidade do whisker) valor máximo do conjunto de dados, até 1,5 vezes o IQR, excluindo os outliers e/ou extremos
IQR	Intervalo interquartil, diferença entre o terceiro quartil e o primeiro quartil
Outlier Superior	Corresponde a valores acima de 1,5 vezes o limite superior
Outlier Inferior	Corresponde a valores abaixo de 1,5 vezes o limite inferior

Fonte: (NETO et al., 2017)

6.3 Aquisição de dados

Provavelmente a principal vantagem do software DoseUtility™ seja ser desenvolvido em Java uma linguagem de programação e plataforma de computação que possibilita a execução do software em qualquer sistema operacional sem a necessidade de instalação, porém sua vantagem é seu maior problema, o fato do software ser escrito em Java impossibilita a alteração do local de armazenamento dos relatórios de dose (pasta “Temp” do Windows). Essa pasta armazena todo e qualquer arquivo temporariamente, ou seja, será excluído quando o sistema operacional for reiniciado (TRUQUES&DICAS, 2019), sendo esse o principal motivo pelo qual optamos pela hospedagem do DoseUtility™ em servidor que não desliga com frequência.

O software DoseUtility™ estrutura em forma de planilha os valores contidos no relatório de dose por meio de duas formas, OCR (*optical character recognition*) e RDSR (*Radiation Dose Structured Report*) (PIXELMED, 2010). A metodologia de tabulação dos valores dos descritores por meio de OCR consiste em um processo

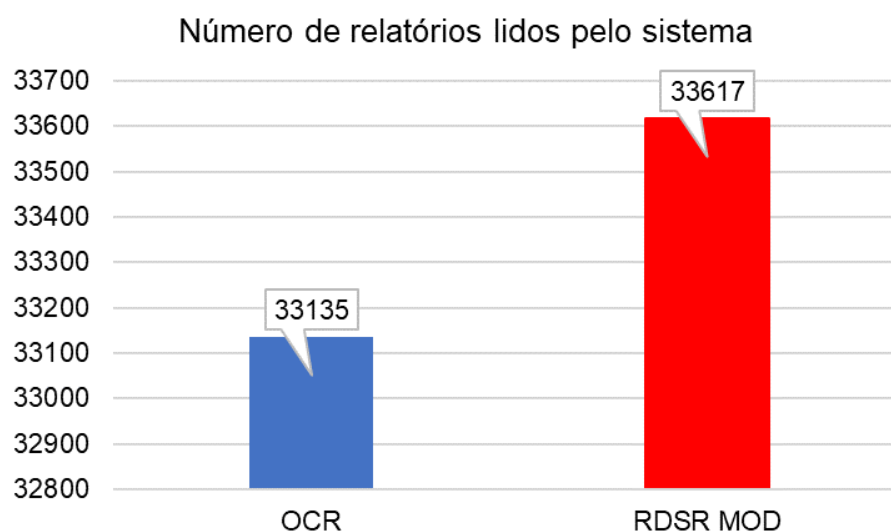
de classificação de padrões ópticos contidos em uma imagem digital, indiferente do seu formato, que correspondem a caracteres alfanuméricos ou outros. Essa tecnologia permite converter diferentes tipos de documentos em dados editáveis e pesquisáveis (CHAUDHURI et al., 2017).

O RDSR é um objeto no DICOM-SR, que contém os dados dos descritores de dose, bem como as séries dos exames individuais. Como o DICOM-SR é um suplemento dentro do padrão DICOM, normalmente não há variabilidade entre diferentes instituições, fabricantes e máquinas de TC (BOOS, J.; MEINEKE; BETHGE; et al., 2016).

O presente trabalho demonstrou que o recurso OCR presente no software DoseUtility™ fornece menos informações dos descritores de dose se comprado com a tabulação feita por meio dos dados obtidos pelo objeto RDSR, uma diferença de 482 exames (1,01 %), como demonstrado na figura 22.

Com relação a coleta dos dados, a metodologia que proporcionou uma quantidade maior de dados, maior segurança das informações e possibilidade de reenvio de relatórios em caso de perda de conexão, foi o método 4. Já a obtenção das informações de dose, foram geradas com maior precisão por meio do sistema RDSR do software DoseUtility™ pois esta forma obteve maior sucesso na leitura de dados.

Figura 22 – Quantidade de relatório lidos por meio do recurso OCR e RDSR presentes no software DoseUtility™.



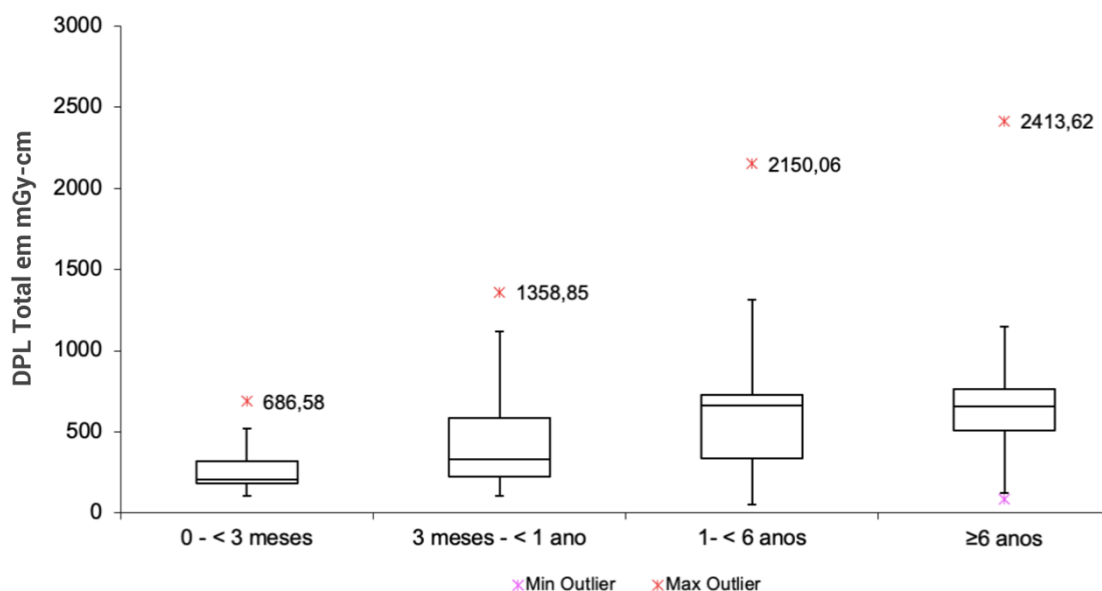
Fonte: autor da dissertação.

6.4 Erros encontrados

6.4.1 TC de crânio em pacientes pediátricos

Como exemplo de controle da exposição, de pacientes pediátricos submetidos a exames de TC de crânio foram selecionados. Os pacientes foram divididos em grupos com menos de 3 meses, de 3 meses a menos de 1 ano, de 1 ano a menos de 6 anos, e pacientes com mais de 6 anos sendo o limite 18 anos (BOSMANS et al., 2018). Um total de 9 exames foram excluídos da análise por possuir valor de DLP Total igual a 0, o que indica que não houve exposição e o exame foi abortado antes do início. A falta de colaboração do paciente é o principal fator para essa prática na rotina do HRC. A figura 23 e a tabela 2 trazem os resultados.

Figura 23 – Gráfico *Boxplot* demonstrando a distribuição da dose que pacientes pediátricos foram expostos durante a realização de exames de TC de Crânio para investigação de traumatismo.



Fonte: autor da dissertação.

Tabela 2 – Tabela com os dados representados no gráfico da figura 23.

Rótulos	0 - 3 meses	3 meses - 1 ano	1- 6 anos	≥6 anos
Mínimo	107,24	103,55	51,51	82,06
Q₁	183,86	225,66	339,2	507,87
Mediana	204,76	329,76	660	654,05
Q₃	317,385	583	727,06	763,58
Máximo	686,58	1358,85	2150,06	2413,62
IQR	133,525	357,34	387,86	255,71
Outlier Superior	9	4	13	40
Outlier Inferior	0	0	0	1
Total de Exames	107	146	379	769

A análise da distribuição de dose em pacientes pediátricos mostrou que todas as faixas etárias possuem *outliers*, ou seja, valores discrepantes, o que não é aceito pelo ponto de vista da proteção radiológica. Um estudo mais detalhado mostrou que esses valores discrepantes são provenientes de tentativas sem sucesso que geraram reexposição. Os valores de DLP do Q3, referência para comparação na literatura, ficaram dentro da normalidade, o que indica que o protocolo da máquina está adequado (ZAMANI et al., 2021).

Essa forma de exposição proporcionou um plano de ação para extinção dos outliers, aberrações estatísticas que demonstram valores muito fora do comum dentro de uma amostra, extinguir esses valores proporcionará maior segurança na realização dos exames de TC. Agora, os pacientes que não colaboram e se movimentam durante o posicionamento, são encaminhados para seu setor de origem e um novo exame é agendado com o auxílio da equipe de anestesiologia para sedar a criança e evitar exposição desnecessária.

6.4.2 TC de tórax

A TC de tórax apresentou falhas devido um grupo de técnicos que estavam realizando a aquisição da região do tórax de forma incorreta, utilizando contraste, medicação utilizada para melhor visualização de determinados tecidos e patologias.

A realização do exame tomográfico de tórax com uso de meio de contraste não requer a realização de uma aquisição de imagens do tórax pré-medicação (VERSCHAKELLEN; DE WEVER, 2018). Alguns operadores estavam realizando uma aquisição pré e pós contraste o que proporciona uma exposição maior do paciente.

A figura 24 demonstra o relatório de dose de um paciente exposto da forma correta, seguindo o Procedimento Operacional Padrão (POP) institucional e as recomendações nacionais e internacionais de TC de tórax para investigação de tromboembolismo pulmonar (TEP), uma patologia que provoca a obstrução dos vasos sanguíneos do pulmão dificultando a ventilação do paciente, podendo provocar a morte (DEVARAJ et al., 2015; NIKOLAOU et al., 2010; SCHMID et al., 2022). A seta verde demonstra a dose da aquisição direta, sem a realização de uma fase pré contraste, o que totalizou uma DLP total de 277,95 mGy/cm. A figura 25 apresenta o relatório de dose de um paciente em que o protocolo não foi seguido, gerando uma exposição acima do necessário por meio da aquisição pré contraste, fase que não acrescenta informação para o diagnóstico de TEP (NOSCHANG et al., 2018).

Figura 24 – Relatório de dose de um paciente que realizou uma TC de tórax para investigação de TEP seguindo o POP.

Exam Description: ANGIOTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DO TORAX					
Relatório de Dose					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Scout	-	-	-	-
200	Axial	I110.392-I110.392	3.94	3.94	Body 32
201	Axial	I107.638-I107.638	55.23	55.23	Body 32
→ 3	Helical	I12.265-I282.265	7.19	218.78	Body 32
Total Exam DLP:				277.95	

Fonte: autor da dissertação

A figura 25 mostra realização do exame da mesma estrutura da figura 24, porém com um acréscimo de 51,92 % de radiação devido a fase de aquisição desnecessária segundo o POP institucional.

Figura 25 – Relatório de dose de um paciente que realizou uma TC de tórax para investigação de TEP onde o operador do tomógrafo realizou duas aquisições de imagem do tórax do paciente, pré e pós contraste.

Exam Description: ANGIOTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DO TORAX					
Relatório de Dose					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
200	Axial	I116.230-I116.230	15.78	15.78	Body 32
→ 2	Helical	I29.630-I294.630	6.80	203.44	Body 32
→ 6	Helical	I29.630-I294.630	6.79	203.06	Body 32
Total Exam DLP:				422.28	

Fonte: autor da dissertação

6.4.3 Um caso excepcional

Durante a análise da quantidade de exames por pacientes por meio da metodologia utilizada, um paciente chamou atenção do supervisor de proteção radiológica. A paciente 528717, feminina de 46 anos realizou 44 exames de tomografia computadorizada durante um período de três anos. O caso foi levado para gerência técnica do HRC que passou para chefia médica. A situação foi apurada pela equipe médica que concluiu que todas as hipóteses diagnósticas justificavam a solicitação dos exames, porém apenas um resultado em 2017 foi positivo para investigação clínica. A equipe médica resolveu convocar a paciente para uma consulta no ambulatório do HRC para entender melhor o caso. A paciente foi encaminhada para cuidados psiquiátricos e acompanhamento por psicólogos com a suspeita de síndromes específicas para o caso. A dose estimada recebida pela paciente está na tabela 3.

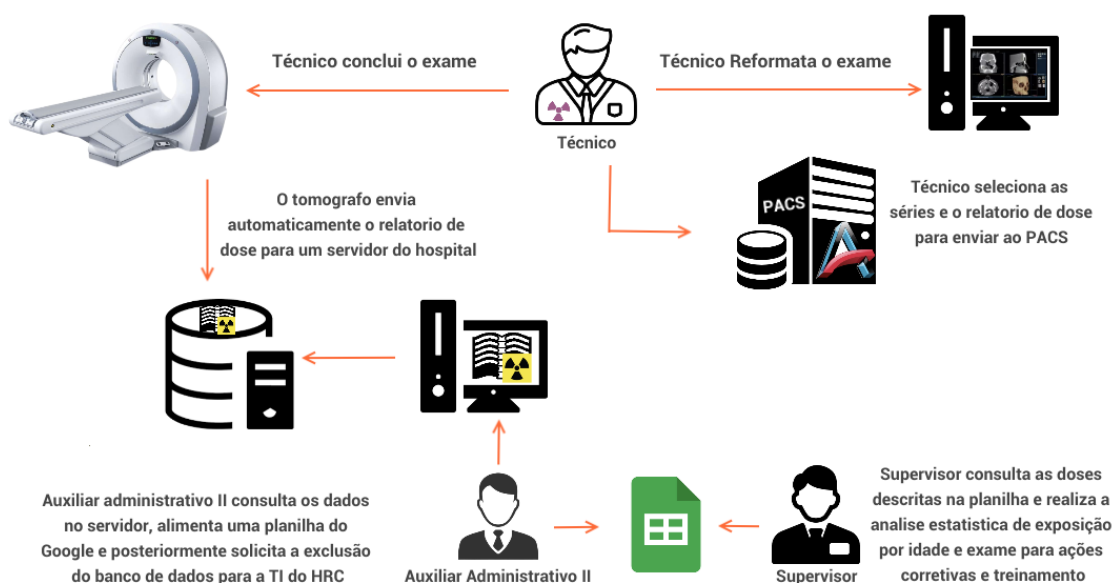
Tabela 3 – Detalhes da realização de exames de TC pela paciente 528717.

Paciente 528717		
Exames de Tomografia Computadorizadas Realizadas de 2017 a 2020		
Exame	Quantidade	Dose de Exposição estimada
Tc de Crânio	8	5906,38 mGy/cm
Tc de Face	1	420,43 mGy/cm
Tc de Tórax	11	4162,24 mGy/cm
Tc de Abdome Total	14	13287,13 mGy/cm
Total de dose Estimada	270,86 mSv	

6.5 Metodologia e infraestrutura de implementação

A metodologia 4 foi implantada no HRC, e vem sendo utilizada mesmo após o término do trabalho. Essa metodologia bem como seus resultados foram apresentados para auditores da Organização Nacional de Acreditação em auditorias realizadas em 2021 para manutenção do selo de Excelência ONA 3 que o hospital possui. A banca de auditores responsáveis pela avaliação do setor de diagnóstico por imagem elogiou o trabalho executado e pediram autorização expor para colegas auditores com o propósito de incentivar essa prática de cuidado com o paciente, bem como a gestão eficiente de risco envolvendo o uso de radiação ionizante para diagnóstico. A figura 26 demonstra detalhadamente o fluxograma da metodologia aplicada.

Figura 26 – Fluxograma completo do método implantado no HRC.



Fonte: autor da dissertação

As coletas dos dados são realizadas semanalmente e deletados do banco de dados após a alimentação de uma planilha virtual de acesso restrito.

A realização do procedimento foi realizada pelo auxiliar administrativo II, que utiliza o DoseUtility™ instalado em sua máquina para consultar a base de dados do mesmo software instalado no servidor do HRC. Depois que ele recupera todas as informações de dose do banco de dados, o profissional solicita ao setor de Tecnologia da informação do HRC a limpeza do banco de dados do DoseUtility™ instalado no servidor. Com a finalidade de garantir que o novo banco de dados irá continuar de onde o colaborador terminou a extração, ele consulta a lista de exames enviados do tomógrafo, se certificando que o último exame realizado é o último exame que consta na sua planilha, caso isso não aconteça, o colaborador solicita ao operador da tomografia computadorizada o envio dos relatórios faltantes para coleta na próxima semana.

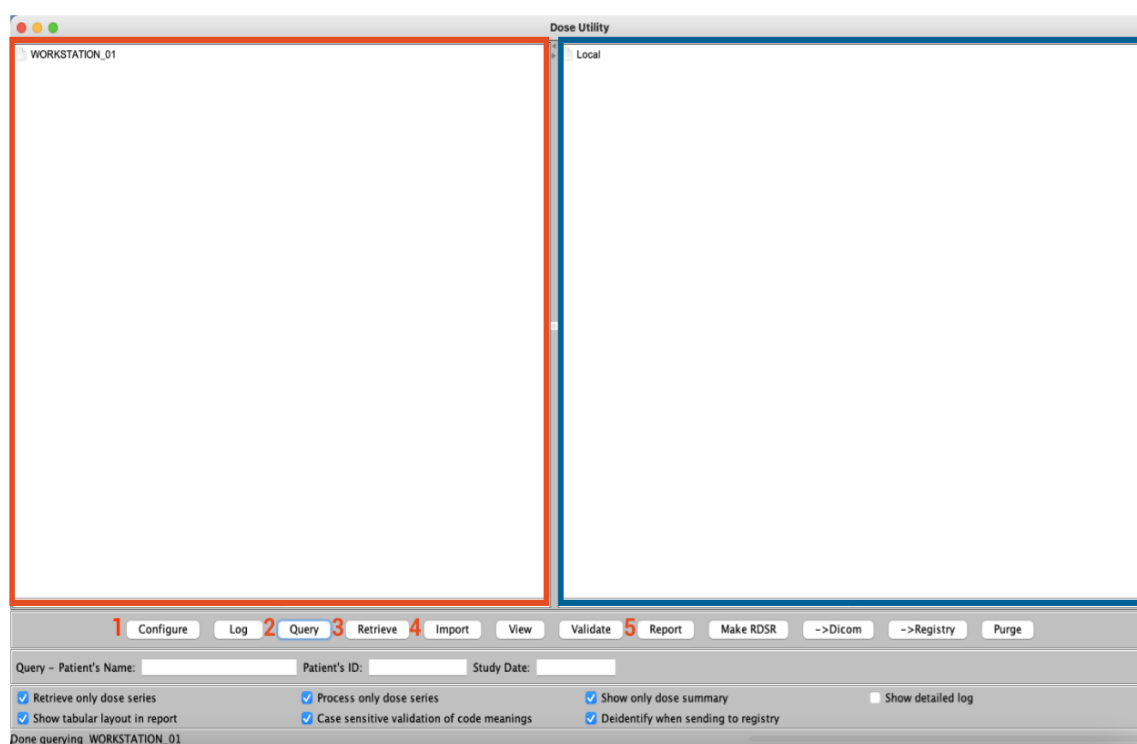
6.5.1 Instalação do DoseUtility™ como banco de dados.

Esse é o primeiro passo para a implementação da metodologia escolhida, pois os relatórios serão enviados primeiramente para essa estação. É possível baixar a versão mais recente do software em:

<http://www.dclunie.com/pixelmed/software/webstart/DoseUtility™Usage.html>

Como o software é escrito em Java, não é necessário realizar nenhuma instalação ou ter acesso a internet, basta executar o programa que ele irá iniciar seu sistema de recepção DICOM (sistema de recepção dos relatórios de dose), o software executado é demonstrado na figura 27.

Figura 27 – Software DoseUtility™ executado.



Fonte: autor da dissertação

A interface do software é bem simples, dois quadros brancos representam o local onde os relatórios de dose estão alocados no momento. O retângulo vermelho demonstra os relatórios que estão no servidor remoto que está sendo consultado, o retângulo azul demonstra os relatórios que estão no disco local, onde o software foi executado. Abaixo desses retângulos, é possível ver alguns botões que devem ser utilizados para obtenção dos recursos de configuração, consulta e download dos relatórios de uma base remota para o disco local do computador que será realizado a análise dos dados de dose. Os principais recursos a serem utilizados são:

1. Configure – Recurso destinado a configuração do software local para que se torne um banco de dados e/ou sistema de consulta em um banco remoto, é

possível utilizar o mesmo software para essas funções simultaneamente.

2. Quare – Botão destinado a consulta de um servidor ou banco de dados externo disponível na rede de computadores onde o software será utilizado.
3. Retrieve – Esse botão realiza o resgate (download) dos relatórios de um banco de dados externo para o computador onde o sistema está sendo executado. Esse fluxo é obrigatório para extração das informações de dose, pois não é possível realizar a leitura dos relatórios em um banco externo.
4. Import – Esse recurso realiza a importação dos relatórios de dose em um pendrive, disco externo ou pasta de arquivos.
5. Report – Fase final do uso do sistema. Ao clicar nesse botão o software irá realizar a extração das informações contidas nos relatórios de dose e organizar em um layout tabulado, pronto para ser copiado em uma tabela para análise estatística.

O DoseUtility™, assim como qualquer equipamento™ que utiliza o protocolo DICOM para comunicação em uma rede, precisa ter uma identidade na rede, essa identidade é chamada de “Título AE”, que normalmente é uma palavra ou acrônimo de identificação sem o uso de caracteres especiais, porém em letras maiúsculas (INTERSYSTEMS, 2022).

A figura 28 mostra a tela de configuração da identidade do software, essa parte é de suma importância para o sucesso do trabalho, pois esses dados devem estar muito bem estabelecidos, sendo que será necessário seu cadastramento no equipamento de TC para envio dos relatórios de dose para esse novo banco de dados. Outro cuidado que deve ser tomado, está relacionado a duplicidade de informação, ou seja, é necessário se certificar que os dados utilizados são inéditos na rede que se pretende utilizar o software para evitar conflitos de comunicação na rede.

Figura 28 – Janela de visualização da configuração do DoseUtility™

A	Abrir título AE:	WORKSTATION_01	
B	Título AE aberto:	WORKSTATION_01	
C	Porta de audição:	11112	
	Comprimento máximo de PDU do aceitador recebido:	16384	
	Tamanho da memória intermédia para receber o conector TCP do aceitador:	65536	
	Tamanho da memória intermédia para enviar o conector TCP do aceitador:	0	
	Comprimento máximo de PDU do iniciador recebido:	16384	
	Tamanho da memória intermédia para receber o conector TCP do iniciador:	65536	
	Tamanho da memória intermédia para enviar o conector TCP do iniciador:	0	
Propriedades da rede DICOM AE remota:			
	D	E	F
	Adic	Editar	Eliminar
Concluído			

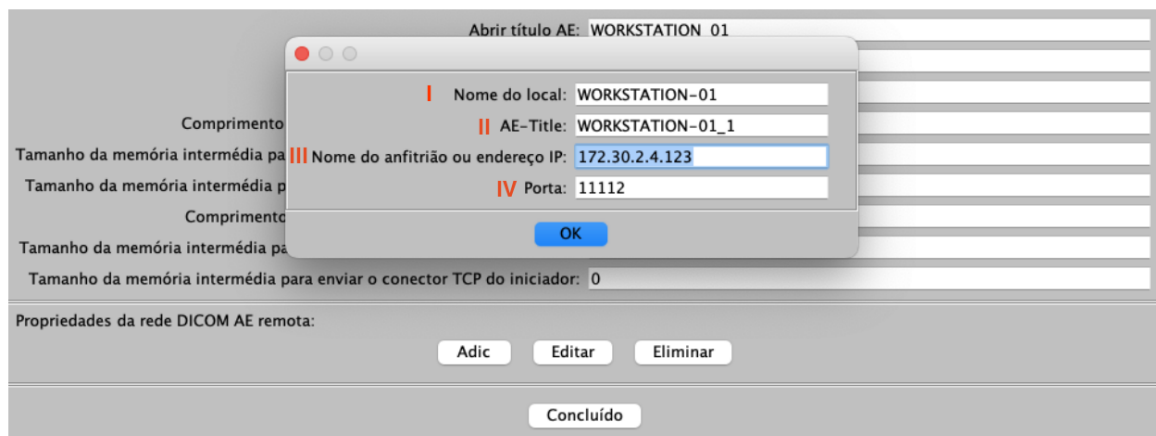
Fonte: autor da dissertação

Ao clicar no botão configuração a janela de customização do sistema abrirá com dados pré-estabelecidos sendo necessário a edição para estabelecer a comunicação desse sistema com outros equipamentos da rede. Nessa janela é possível identificar recursos importantes:

- A. Abrir título AE – Corresponde a identidade do sistema na rede que será aberta ao término do processo de configuração
- B. Título AE aberto – Identidade do sistema estabelecido na rede
- C. Porta do sistema operacional por onde os dados irão trafegar
- D. Adic – Botão utilizado para incluir um servidor remoto para consulta e resgate dos relatórios de dose disponíveis.
- E. Editar - Botão utilizado para editar um servidor remoto para consulta e resgate dos relatórios de dose disponíveis.
- F. Eliminar - Botão utilizado para excluir um servidor remoto

Nessa mesma tela é possível cadastrar um servidor remoto para consulta dos relatórios de dose por meio do botão “D” “adic”, o que proporcionará a abertura da tela demonstrada na figura 29, basta preencher os itens I a III com os dados do servidor remoto para estabelecer a comunicação na rede.

Figura 29 – Tela de cadastro do servidor remoto para consulta dos relatórios de dose em um banco de dados na rede.



Fonte: autor da dissertação

Na janela de cadastro de local remoto para consulta será preciso preencher as informações do local onde esta instalado o banco de dados remoto, os dados precisos são:

- I. Nome do local: Informação personalizada, é utilizada para identificar o banco a ser consultado, não existe um padrão ou exigência na forma de preencher esses dados.
- II. AE-Title: Dado de identificação do banco remoto, é necessário preencher da mesma forma que esta preenchida no banco remoto (mesmos caracteres)
- III. Nome do anfitrião ou endereço IP: Deve ser preenchido com os dados de IP do computador onde o banco de dados está instalado.
- IV. Porta: É preenchido com a porta que foi disponibilizada no momento da instalação do sistema para recepção dos relatórios de dose, como padrão é utilizado 11112, porem pode ser alterado se necessário.

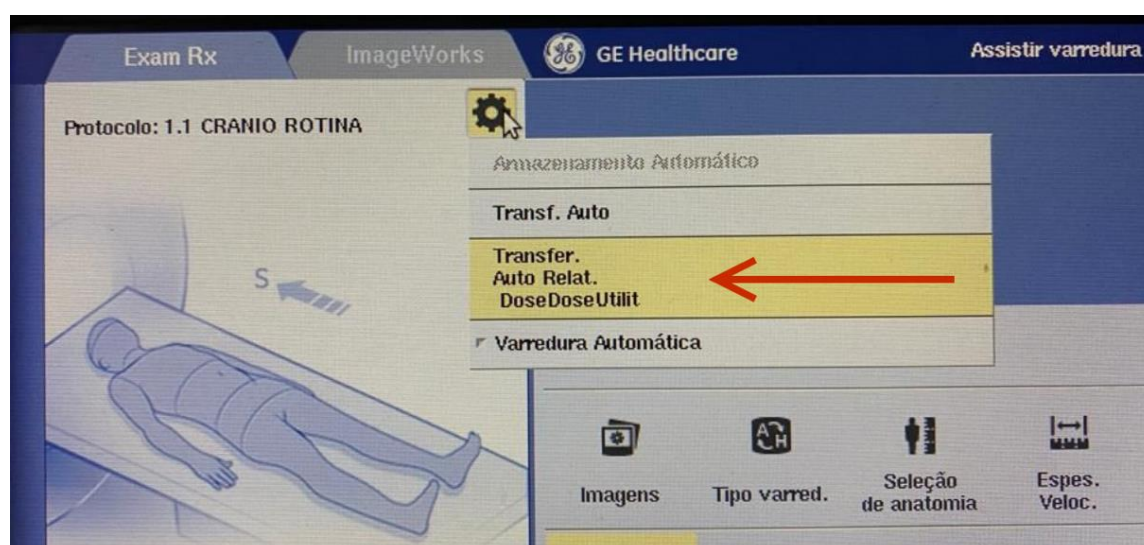
6.5.2 Configuração do tomógrafo

O tomógrafo GE ACT Revolution utilizado neste trabalho possui recurso de cadastrar até 5 servidores diferentes para envio de informações como exames, registros de erros e os relatórios de dose. Essa configuração faz parte do rol de recursos disponíveis para o usuário do equipamento, não sendo necessário o

acionamento da equipe de engenharia ou treinamento do fornecedor do equipamento.

Após cadastrar o servidor para onde será enviado os relatórios de dose com os dados de IP, Porta e AE-Title, será necessário entrar em cada protocolo de exames disponível no equipamento de TC e acionar o recurso de transferência automática do relatório de dose, como demonstrado na figura 30.

Figura 30 – Captura de tela da página de edição de protocolos do tomógrafo ACT Revolution da GE



Fonte: autor da dissertação

Dessa forma o tomógrafo irá enviar o relatório de dose de forma automática para o banco de dados, sem a necessidade de intervenção humana, proporcionando maior segurança no processo de gerenciamento das informações a respeito do uso do equipamento de TC.

Toda a implementação da metodologia ocorreu de forma tranquila e sem impacto no atendimento dos pacientes do HRC. Para essa implantação, não houve nenhum investimento financeiro já que todos os itens necessários já existiam na instituição ou foram adquiridos de forma gratuita. Foram utilizados no trabalho:

- Servidor de arquivos, o que seria proporcional a um computador que não desliga;
- Software DoseUtiliy™;
- Computador com acesso ao servidor de arquivos e internet;

- Conta gratuita no Google para acesso a Google planilhas.

6.6 Treinamento dos profissionais

A necessidade de padrões na realização de exames radiográficos é justificada pelo fato da execução dos procedimentos serem planejados para minimizar de forma a reduzir os riscos da exposição à radiação ionizante para fins médicos, sendo os treinamentos regulares uma forma de contribuir para execução desses procedimentos de forma mais segura (DARUICH DE SOUZA et al., 2022), o que deve ser executado em todas as modalidades de exames que utilizam radiação ionizante como determinado pela legislação brasileira (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022b)

Os dados coletados serviram para encontrar falhas no processo de realização dos exames de TC e promover treinamentos mais focados, gerando melhores resultados e otimizando o impacto do treinamento na melhoria do processo. Esses treinamentos foram realizados durante o segundo semestre de 2021 e no ano de 2022. A figura 31 traz fotos tiradas durante as aulas.

Figura 31 – Exemplo de treinamento realizado com a equipe técnica do HRC.



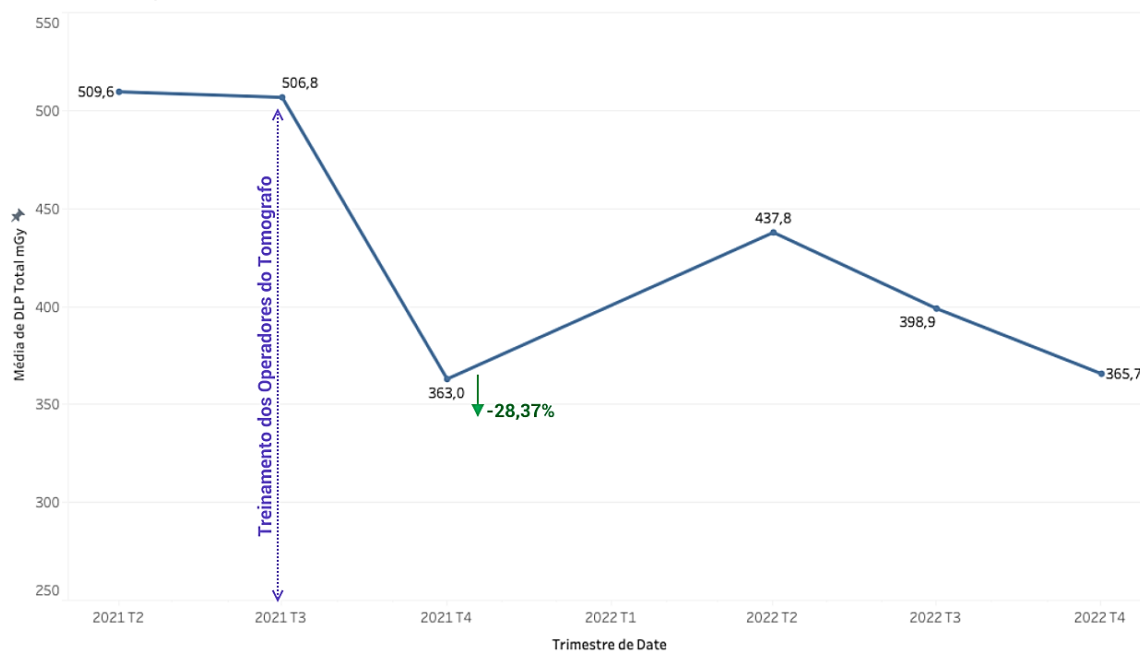
Fonte: autor da dissertação

Todos os treinamentos foram feitos ou por vídeo aula gravada pelo supervisor de proteção radiológica ou de forma presencial, tudo registrado por meio de lista de presença e ciência do conteúdo abordado. Os treinamentos foram focados, gerando melhores resultados e otimizando o impacto do treinamento na melhoria do processo.

Foi possível reduzir em 28,37 % o DLP total em exames de TC de Tórax no primeiro trimestre pós treinamento, como demonstrado na figura 32. Essa redução foi possível por meio da reorientação geral quanto a forma de realizar o exame.

Figura 32 – Análise do DLP total para exames de TC de Tórax de abril de 2021 a setembro de 2022.


Média de DLP para TC do Tórax



Fonte: Autor da dissertação.

6.7 O site


A seguir o site completo é apresentado.



The screenshot shows a website header with the title "Dose na CT" and a navigation menu with items: INÍCIO, SOBRE, METODOLOGIA, INFO, GERENCIADOR DE ARQUIVOS, and MAIS. The main heading reads: "Metodologia de gestão da informação no controle de exposição em exames de tomografia computadorizada". The background image shows a person in a plaid shirt interacting with a patient in a CT scanner.

SOBRE

A análise da dose de Tomografia Computadorizada recebida por um paciente pode ser realizada utilizando ferramentas gratuitas ou de baixo custo que convertem as informações do DICOM-SR em dados tabulados prontos para serem investigados. Ao tornar essa análise mais simples, barata e, conseqüentemente mais disponível, o controle de dose poderá ser feito de maneira mais diligente podendo até provocar alterações em protocolos resultando em grandes diferenças nos valores de dose recebidos pelo paciente.



The photograph shows a healthcare professional in a blue coat standing at a table, interacting with a group of children. A large pink piggy bank is on the table, and a medical device is visible in the background. A sign on the wall reads "ATENÇÃO".

METODOLOGIA

*fotos do site estão apresentadas aqui em tamanho maior, para facilitar a visualização.

1/31

METODOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO IONIZANTE EM EXAMES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA



Gustavo Rico Freitas

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7752837540180788>

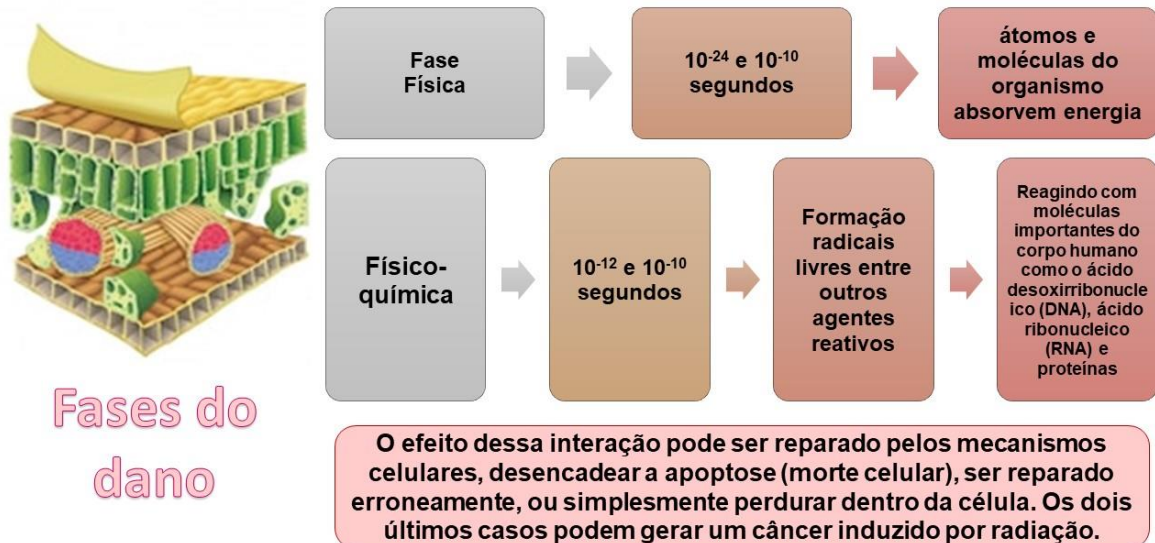
Contact: gustavo@ricofreitas.com



Vamos medir a dose na Tomografia Computadorizada?



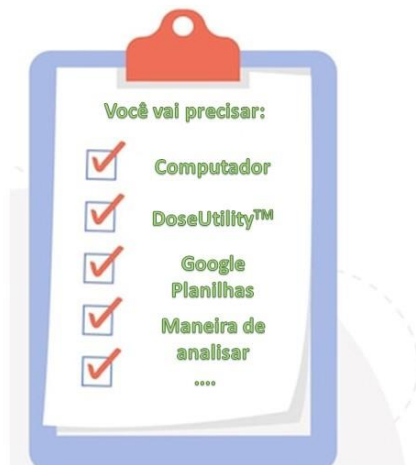
Por que investigar e otimizar?



Softwares de medição de dose são caros



Vamos apresentar nossa metodologia



O monitoramento da dose

O monitoramento da estimativa de exposição à radiação ionizante de pacientes por meio do *Digital Imaging and Communications in Medicine-Structured Report (DICOM-SR)* é uma forma confiável e segura de extração de informações do paciente exposto, protocolo utilizado, repetição de séries e a estimativa de dose utilizada para o estudo.

A legislação alemã já prevê que toda exposição à radiação ionizante para diagnóstico ou terapia fiquem armazenados por 10 anos, ou até 28º aniversário em caso de pacientes menores de idade.

A diretiva UE 2013/59 da Comunidade Europeia da Energia Atômica (EURATOM) de 2013, exige que o armazenamento de cada registro de dose bem como a anotação desses valores no relatório de cada exame.

Definições

O monitoramento da estimativa de exposição à radiação ionizante de pacientes por meio do *Digital Imaging and Communications in Medicine-Structured Report (DICOM-SR)* é uma forma confiável e segura de extração de informações do paciente exposto, protocolo utilizado, repetição de séries e a estimativa de dose utilizada para o estudo (BOOS, J. et al., 2016).



Tópicos importantes

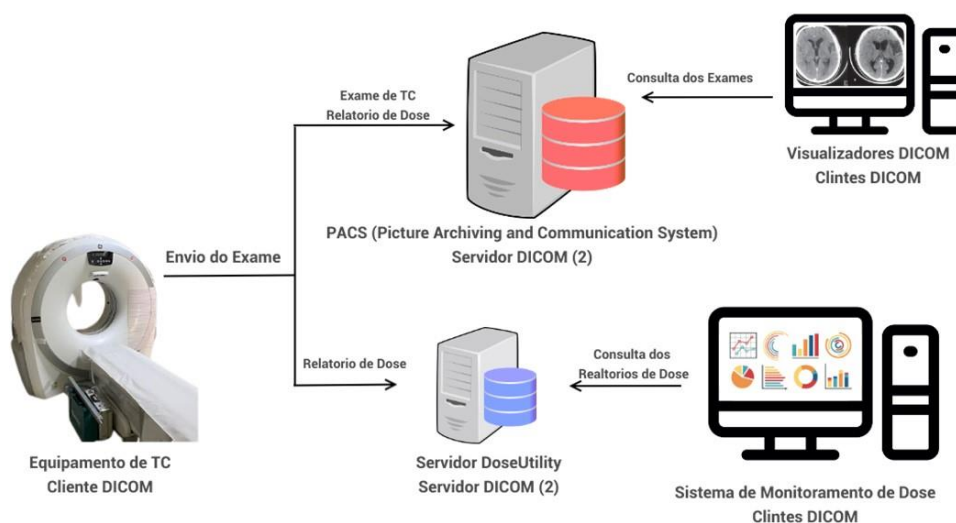
O monitoramento da estimativa de exposição à radiação ionizante de pacientes por meio do *Digital Imaging and Communications in Medicine-Structured Report (DICOM-SR)*

Os dados possuem a extensão DICOM e são armazenados no PACS (*Picture Archiving and Communication System*)

O servidor DICOM recebe O DICOM-SR.

O tomógrafo além de fornecer as imagens médicas, também é um cliente DICOM, sistema que consulta serviços do PACS.

O envio dos exames



SR-Dose Report - 1

Tipo de aquisição

- "Scout": planejamento da aquisição de imagens
- "Axial" forma de aquisição com a mesa de exames estática enquanto o tubo de raios-X gira entorno da região de interesse
- "Helical" que é uma forma de aquisição de imagens com a mesa em movimento enquanto o tubo gira entorno do paciente

Relatório de Dose					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Axial	S58.000-S63.000	38.39	38.39	Head 16
3	Axial	S127.000-S122.000	38.39	38.39	Head 16
Total Exam DLP:				76.78	

Área exposta, ou estudada em milímetros (mm), corresponde a área de interesse para o estudo tomográfico

SR-Dose Report - 2

Dose estimada (mGy) em uma única fatia (imagem do exame) da região de interesse

O DLP (*Dose length product*), ou em português Produto Dose-Comprimento, o que corresponde a soma dos $CTDI_{vol}$. O valor é dado em miligray (mGy) por centímetro (cm).

Relatório de Dose					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom (cm)
1	Scout	-	-	-	-
2	Axial	S58.000-S63.000	38.39	38.39	Head 16
3	Axial	S127.000-S122.000	38.39	38.39	Head 16
Total Exam DLP:				76.78	

Colimação do feixe de radiação utilizado para a aquisição das imagens. Esse recurso é utilizado para concentrar os pixels da imagem em um campo menor, proporcionando uma melhor resolução espacial, ideal para estruturas pequenas como crânio, pescoço e extremidades.

Materiais necessários

- Servidor de arquivos, o que seria proporcional a um computador que não desliga;
- Software DoseUtility™;
- Computador com acesso ao servidor de arquivos e internet;
- Conta gratuita no Google para acesso a Google planilhas.



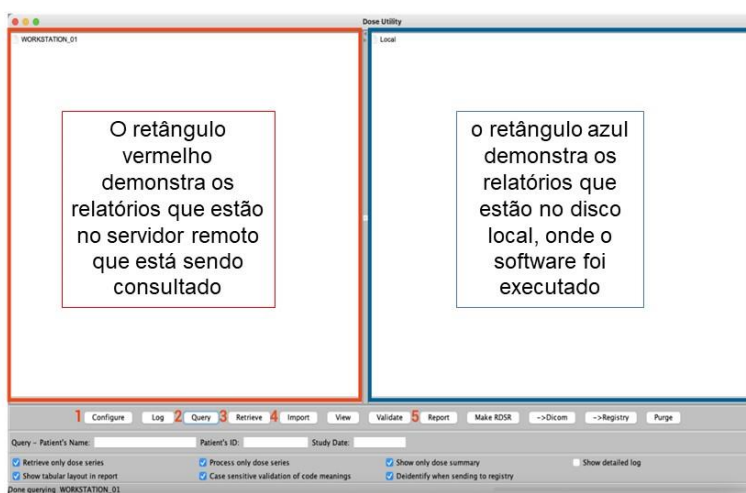
DoseUtility™ - 1

DoseUtility™ armazena apenas os relatórios de dose que são enviados pelo tomógrafo ao término de cada exame de forma oculta e automática, independente se o exame será analisado pela equipe médica ou não, pois o intuito é controlar a exposição do paciente de forma geral e não apenas a exposição proveniente de exames corretos. Esses dados ficam armazenados no sistema prontos para serem avaliados por um software pago (de alto custo).



**DoseUtility™
é
gratuito**

DoseUtility™ - 2



O retângulo vermelho demonstra os relatórios que estão no servidor remoto que está sendo consultado

o retângulo azul demonstra os relatórios que estão no disco local, onde o software foi executado

1) Configure – Recurso destinado a configuração do software local para que se torne um banco de dados e/ou sistema de consulta em um banco remoto, é possível utilizar o mesmo software para essas funções simultaneamente.



2) Quare – Botão destinado a consulta de um servidor ou banco de dados externo disponível na rede de computadores onde o software será utilizado.

DoseUtility™ - 3

3) Retrieve – Esse botão realiza o resgate (download) dos relatórios de um banco de dados externo para o computador onde o sistema está sendo executado. Esse fluxo é obrigatório para extração das informações de dose, pois não é possível realizar a leitura dos relatórios em um banco externo.

4) Import – Esse recurso realiza a importação dos relatórios de dose em um pendrive, disco externo ou pasta de arquivos.

O DoseUtility™, assim como qualquer equipamento que utiliza o protocolo DICOM para comunicação em uma rede, precisa ter uma identidade na rede, essa identidade é chamada de “Título AE”, que normalmente é uma palavra ou acrônimo de identificação sem o uso de caracteres especiais, porém em letras maiúsculas

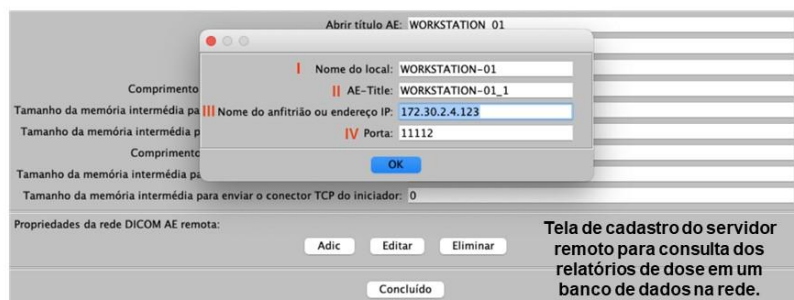
5) Report – Fase final do uso do sistema. Ao clicar nesse botão o software irá realizar a extração das informações contidas nos relatórios de dose e organizar em um layout tabulado, pronto para ser copiado em uma tabela para análise estatística.

DoseUtility™ - 4

Janela de visualização da configuração do DoseUtility™		
A	Abrir título AE: WORKSTATION_01	
B	Título AE aberto: WORKSTATION_01	
C	Porta de audição: 11112	
	Comprimento máximo de PDU do aceitador recebido: 16384	
	Tamanho da memória intermédia para receber o conector TCP do aceitador: 65536	
	Tamanho da memória intermédia para enviar o conector TCP do aceitador: 0	
	Comprimento máximo de PDU do iniciador recebido: 16384	
	Tamanho da memória intermédia para receber o conector TCP do iniciador: 65536	
	Tamanho da memória intermédia para enviar o conector TCP do iniciador: 0	
Propriedades da rede DICOM AE remota:		
D	E	F
Adic	Editar	Eliminar
Concluído		

- A. Abrir título AE – Corresponde a identidade do sistema na rede que será aberta ao término do processo de configuração
- B. Título AE aberto – Identidade do sistema estabelecido na rede
- C. Porta do sistema operacional por onde os dados irão trafegar
- D. Adic – Botão utilizado para incluir um servidor remoto para consulta e resgate dos relatórios de dose disponíveis.
- E. Editar - Botão utilizado para editar um servidor remoto para consulta e resgate dos relatórios de dose disponíveis.
- F. Eliminar - Botão utilizado para excluir um servidor remoto

DoseUtility™ - 5



- I. Nome do local: Informação personalizada, é utilizada para identificar o banco a ser consultado, não existe um padrão ou exigência na forma de preencher esses dados.
- II. AE-Title: Dado de identificação do banco remoto, é necessário preencher da mesma forma que esta preenchida no banco remoto (mesmos caracteres)
- III. Nome do anfitrião ou endereço IP: Deve ser preenchido com os dados de IP do computador onde o banco de dados está instalado.
- IV. Porta: É preenchido com a porta que foi disponibilizada no momento da instalação do sistema para recepção dos relatórios de dose, como padrão é utilizado 11112, porem pode ser alterado se necessário.

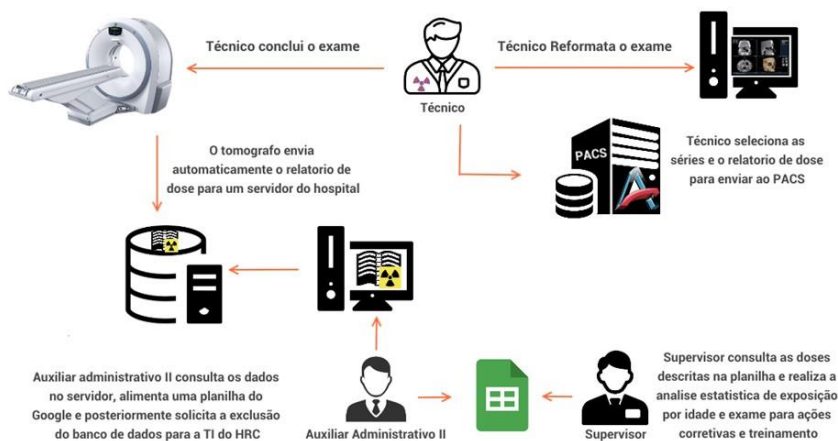
Configuração do tomógrafo

Após cadastrar o servidor para onde será enviado os relatórios de dose com os dados de IP, Porta e AE-Title, será necessário entrar em cada protocolo de exames disponível no equipamento de TC e acionar o recurso de transferência automática do relatório de dose



Dessa forma o tomógrafo irá enviar o relatório de dose de forma automática para o banco de dados, sem a necessidade de intervenção humana, proporcionando maior segurança no processo de gerenciamento das informações a respeito do uso do equipamento de TC.

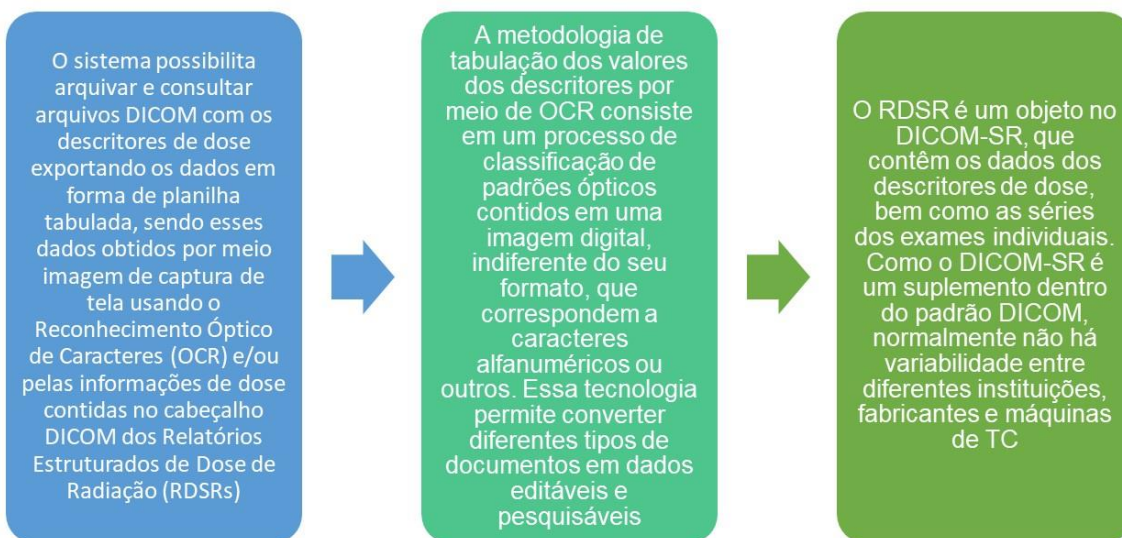
Como extrair os dados - 1



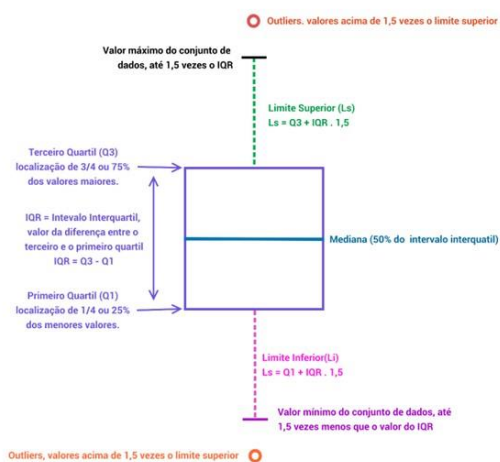
Como extrair os dados - 2



Como extrair os dados - 3



Como analisar os dados



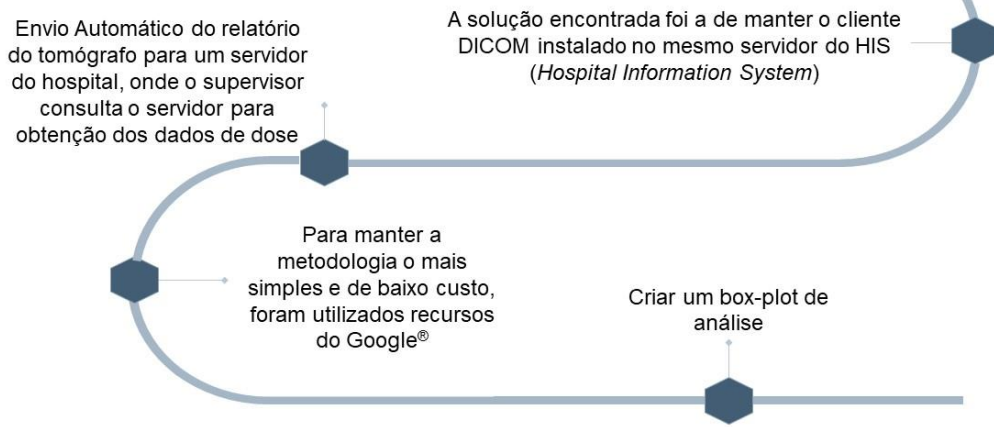
Mínimo	Valor mínimo do conjunto de dados, até 1,5 vezes menos que o valor do IQR (definição abaixo)
Q ₁	Valor correspondente ao primeiro quartil, onde se localiza 1/4 ou 25 % dos menores valores
Mediana	Mediana ou segundo quartil (Q2), local onde ocorre a divisão da metade superior (ou 50 %) da metade inferior da amostra
Q ₃	Terceiro quartil, onde localiza-se 3/4 ou 75 % dos valores maiores
Máximo	Limite superior (tamanho ou extremidade do whisker) valor máximo do conjunto de dados, até 1,5 vezes o IQR, excluindo os outliers e/ou extremos
IQR	Intervalo interquartil, diferença entre o terceiro quartil e o primeiro quartil
Outlier Superior	Corresponde a valores acima de 1,5 vezes o limite superior
Outlier Inferior	Corresponde a valores abaixo de 1,5 vezes o limite inferior

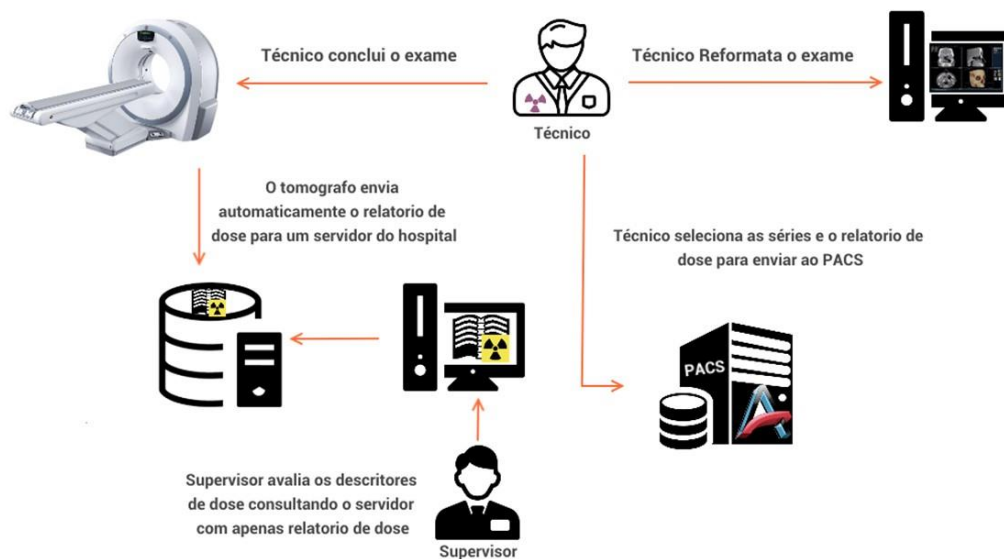
Exemplo **HRC** Hospital Regional de Cotia

Rotina do Hospital de Cotia

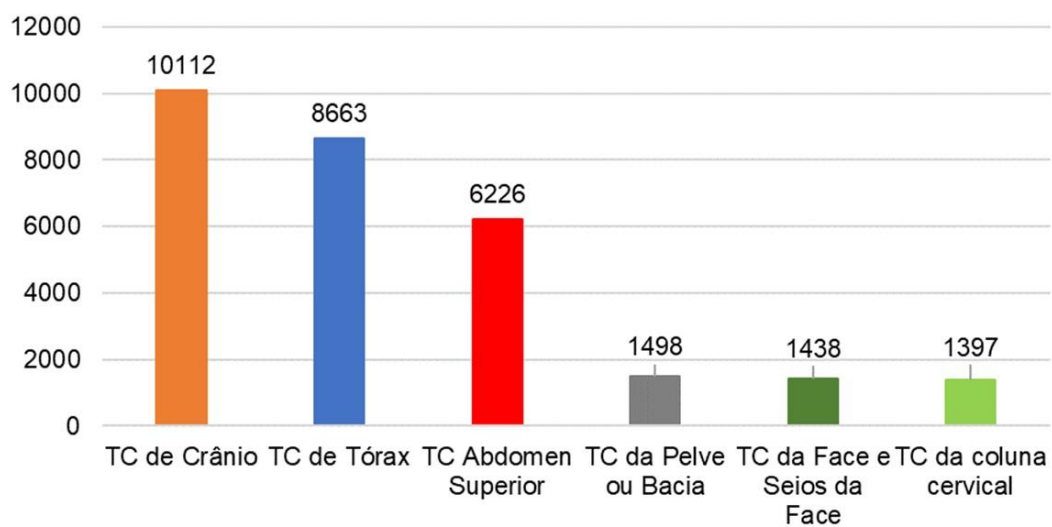


o cliente DICOM escolhido para trabalho apresenta uma limitação para a segurança no armazenamento dos relatórios, pois esses arquivos são armazenados em uma pasta temporária do Windows

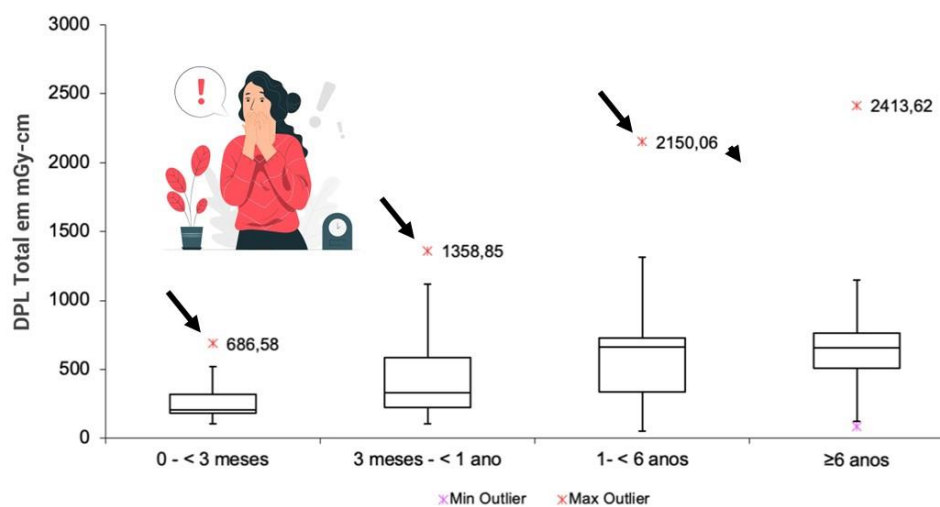




Exames mais realizados no período do estudo



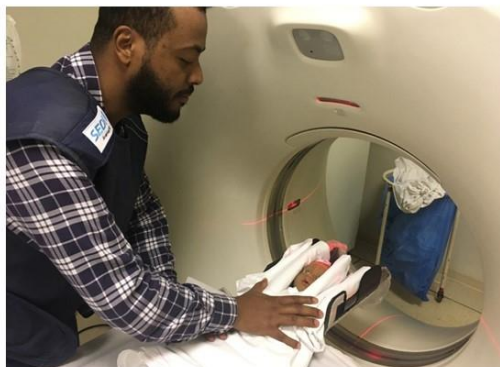
DLP Total em TC de crânio em pacientes pediátricos via RDSR



Resultado



Re-treinamento



Redução
de 10%

Referências das imagens -1

1. https://www.freepik.com/free-vector/set-doctors-operating-medical-equipment-examining-patients_6703800.htm#query=tomography&position=7&from_view=search&track=sph. Image by pch.vector on Freepik.
2. https://www.freepik.com/free-vector/thoughtful-woman-with-laptop-looking-big-question-mark_13330330.htm#query=what%20if&position=22&from_view=search&track=ais. Image by jcomp on Freepik.
3. https://www.freepik.com/free-vector/businessman-holding-pencil-big-complete-checklist-with-tick-marks_11879344.htm#query=list&position=3&from_view=search&track=sph. Image by jcomp on Freepik.
4. https://www.freepik.com/free-vector/medical-examination-isometric-composition_6438574.htm#query=tomography&position=18&from_view=search&track=sph. Image by macrovector on Freepik.
5. https://www.freepik.com/free-vector/different-biology-cells-white-background_1169191.htm#query=cell&from_query=cell%20death&position=33&from_view=search&track=sph^{30/31}
6. https://www.freepik.com/free-vector/realistic-blank-paper-sheets-different-size-shape-stuck-with-colorful-tape-grey-background-isolated-vector-illustration_4359202.htm#query=notes&position=4&from_view=search&track=sph. Image by macrovector on Freepik
7. https://www.freepik.com/free-vector/x-ray-shots-human-body_15248533.htm#query=x-ray&position=10&from_view=search&track=sph. Image by pch.vector on Freepik
8. https://www.freepik.com/free-vector/abstract-waves-logo-concept-set-nine_8865999.htm#query=wave&position=2&from_view=search&track=sph. Image by starline on Freepik
9. https://www.freepik.com/free-vector/startled-concept-illustration_7140762.htm#query=omg&position=16&from_view=search&track=sph. Image by storyset on Freepik

Referências das imagens - 2

10. https://www.freepik.com/free-vector/data-centers-are-data-centers-serve-applications-supporting-business-information-cloud-computing-technology-business-analysis-analytics-research-strategy-statistic-marketing_21585689.htm#query=data&position=0&from_view=search&track=sph. Image by jcomp on Freepik.
11. https://www.freepik.com/free-vector/video-conference-remote-working-flat-illustration-screen-laptop-with-group-colleagues-people-conn_16503912.htm#query=laptop&position=2&from_view=search&track=sph. Image by redgreystock on Freepik
12. https://www.freepik.com/free-vector/hand-drawn-flat-people-talking_17054008.htm#query=talk&position=6&from_view=search&track=sph on Freepik

31/31

13. https://www.freepik.com/free-vector/cute-cartoon-thai-student-namaste-greeting-college-uniform_20397469.htm#query=thank%20you&position=39&from_view=search&track=sph. Image by felicitas on Freepik



*continuação

INFO

29 / 31



Quer implementar no seu hospital e precisa de ajuda?
FALE CONOSCO!

avaliacaocancer@gmail.com
carladdsouza@yahoo.com.br
gustavo@ricofreitas.com

GERENCIADOR DE ARQUIVOS

Arquivo

Baixe a dissertação completa.

DOWNLOAD

INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS



IPEN - Mestrado Profissional

https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=2947



Hospital Regional de Cotia

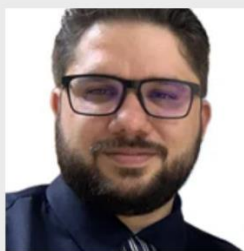
<http://www.hrc.org.br/>



SEDI II

<http://www.sedi2.org.br/>

EQUIPE



Gustavo Rico Freitas

Principal Executor, aluno do
Mestrado

<http://lattes.cnpq.br/7752837540180>



Carla Daruich de Souza

Orientadora

<http://lattes.cnpq.br/8451835458608>

CONTATO

São Paulo, Brazil

✉ avaliacaocancer@gmail.com

FALE CONOSCO

Dose na CT

Direitos autorais © 2022 Todos os direitos reservados
Desenvolvido Por [SITE123](#) - [Cria Site Grátis](#)

[INÍCIO](#) [SOBRE](#) [METODOLOGIA](#) [INFO](#) [MAIS](#) ▾

7. CONCLUSÃO

A ausência de uma legislação que exija o controle de exposição de pacientes submetidos à exames com uso de radiação ionizante é um fator que é utilizado na decisão de compra de um software opcional ao equipamento de tomografia computadorizada. O valor desses softwares depende do parque tecnológico do hospital ou clínica onde o equipamento será instalado. Independentemente, o controle da dose é ação necessária para garantir o cumprimento dos princípios de proteção radiológica.

O presente trabalho demonstrou um método de baixo custo com alta eficácia no manejo das informações de dose em pacientes submetidos à exames de tomografia computadorizada. Muitos recursos utilizados no presente trabalho podem ser substituídos para melhorar a segurança, mobilidade e análise dos dados, possibilitando a integração com sistemas do hospital, porém o foco do trabalho foi demonstrar que é possível com um custo muito baixo iniciar um programa eficaz de monitoramento da dose de exposição dos nossos pacientes com resultados e desempenho mensuráveis.

Muitos dados foram avaliados e não puderam ser apresentados devido à quantidade de páginas necessárias para apresentação dos dados e discussão. Todos os outros exames foram e continuam sendo analisados e otimizados pela equipe do HRC.

Os treinamentos com base nas falhas encontradas foram mais eficientes, e essa eficiência pode ser comprovada pelo mesmo sistema, ou seja, verificou-se que falhas identificadas podem ser corrigidas por meio da educação, participação e comprometimento da equipe, sendo a correção da realização do exame de tórax o resultado mais evidente.

O fato de ter uma base de dados dedicada apenas a relatórios de dose otimizou muito o tempo necessário para o DoseUtility™ realizar a consulta e resgate dos relatórios de dose, quando associado ao fato desse banco ser alimentado automaticamente pelo tomógrafo, sem a intervenção humana. A segurança no processo de monitoramento fica fortalecida e nenhum acionamento do equipamento deixou de ser registrado. Todas as emissões de radiação, em pacientes ou testes, foram computadas e identificadas pelo supervisor de proteção radiológica durante a análise dos dados coletados.

A metodologia implantada foi muito elogiada pelos gestores do HRC, porém foi pedido que o trabalho não se encerre por aqui. Existe um interesse do HRC em criar uma base de dados de exposição por paciente no sistema de gestão utilizado atualmente, o Tasy®. Nesse novo projeto o paciente teria a sua dose registrada no seu prontuário, assim o médico teria acesso ao seu histórico de exposição, o que teoricamente proporcionaria uma reflexão do profissional quando à necessidade do exame por meio de uma avaliação risco benefício mais detalhada.

REFERÊNCIAS

ACR. **ACR Appropriateness Criteria® | American College of Radiology**. Disponível em: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/ACR-Appropriateness-Criteria>. Acesso em: 05 nov. 2022.

AKRAM, S.; CHOWDHURY, Y. S. Radiation Exposure Of Medical Imaging. **StatPearls**, 21 nov. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK565909/>. Acesso em: 05 fev. 2022.

AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY; NATIONAL RADIOLOGY DATA REGISTRY SUPPORT. **DIR Executive Summary and QCDR Preview : NRDR - National Radiology Data Registry Support**. Disponível em: <https://nrdrsupport.acr.org/support/solutions/articles/11000044333-dir-executive-summary-and-qcdr-preview>. Acesso em: 17 out. 2022.

ARAUJO, D. A. B.; SILVA, D. A. B.; MOTTA, G. H. M. B.; NETO, J. R. L.; DAMASCENO, H. H. B.; DESCRIPTORS, S.; TERMS, G. DicomFlow: Um modelo de arquitetura para formação de uma infraestrutura de informação telerradiológica. In: PROCEEDINGS OF THE XII BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INFORMATION SYSTEMS, 2016,

ARRAIS, P. S. D.; FERNANDES, M. E. P.; PIZZOL, T. da S. D.; RAMOS, L. R.; MENGUE, S. S.; LUIZA, V. L.; TAVARES, N. U. L.; FARIAS, M. R.; OLIVEIRA, M. A.; BERTOLDI, A. D. Prevalence of self-medication in Brazil and associated factors. **Revista de Saude Publica**, v. 50, , 2016. . Acesso em: 02 nov. 2022.

BOOS, A. J.; MEINEKE, A.; BETHGE, O. T.; ANTOCH, G.; KRÖPIL, P.; BOOS, J. Dose Monitoring in Radiology Departments: Status Quo and Future Perspectives Dosismonitoring in der Radiologie: Status quo und Zukunftsperspektiven. **Fortschr Röntgenstr**, v. 188, p. 443–450, 2016. . Acesso em: 24 nov. 2020.

BOOS, J.; LANZMAN, R. S.; MEINEKE, A.; HEUSCH, P.; SAWICKI, L. M.; ANTOCH, G.; KRÖPIL, P. Dose monitoring using the DICOM structured report: Assessment of the relationship between cumulative radiation exposure and BMI in abdominal CT. **Clinical Radiology**, 2015.

BOOS, J.; MEINEKE, A.; BETHGE, O. T.; ANTOCH, G.; KRÖPIL, P. Dose Monitoring in Radiology Departments: Status Quo and Future Perspectives. **RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgebenden Verfahren**, v. 188, n. 5, p. 443–450, 1 maio. 2016. Disponível em: <http://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0041-109514>. Acesso em: 01 out. 2022.

BOOS, J.; MEINEKE, A.; RUBBERT, C.; HEUSCH, P.; LANZMAN, R. S.; AISSA, J.; ANTOCH, G.; KRÖPIL, P. Cloud-Based CT Dose Monitoring using the DICOM-Structured Report: Fully Automated Analysis in Regard to National Diagnostic Reference Levels. **RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgebenden Verfahren**, v.

188, n. 3, p. 288–294, 1 mar. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26632871/>. Acesso em: 17 nov. 2020.

BOSMANS, H.; DAMILAKIS, J.; DUCOU LE POINTE, H.; FOLEY, S. J.; AL., Et. Radiation Protection No. 185 European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging. 20 set. 2018. Disponível em: <https://researchrepository.ucd.ie/handle/10197/10396>. Acesso em: 07 set. 2022.

BUSHONG, S. C. **CIÊNCIA RADIOLÓGICA para tecnólogos FÍSICA, BIOLOGIA E PROTEÇÃO 9ª Edição**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2010.

BUTCHER, N.; BALOGH, Z. J. The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury*, v. 40, n. SUPPL. 4, , nov. 2009. . Acesso em: 01 out. 2022.

CASTRO SÁ, I.; NASCIMENTO DE ALMEIDA, A. Radiologia: a importância da tomografia computadorizada no diagnóstico da COVID-19 no Brasil. *Revista Interdisciplinar de Promoção da Saúde*, v. 4, n. 4, , 1 mar. 2021. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/ripsunisc/article/view/17268>. Acesso em: 14 nov. 2022.

CHAUDHURI, A.; MANDAVIYA, K.; BADELIA, P.; GHOSH, S. K. Optical character recognition systems. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, v. 352, p. 9–41, 2017. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-50252-6_2. Acesso em: 01 out. 2022.

CIERNIAK, R. **X-Ray Computed Tomography in Biomedical Engineering**. London: Springer London, 2011.

DAVE, J. K.; GINGOLD, E. L. Extraction of CT Dose Information From DICOM Metadata: Automated Matlab-Based Approach. <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.12.8501>, v. 200, n. 1, p. 142–145, 14 jan. 2013. a. Disponível em: www.ajronline.org. Acesso em: 04 fev. 2022.

DAVE, J. K.; GINGOLD, E. L. Extraction of CT Dose Information From DICOM Metadata: Automated Matlab-Based Approach. *American Journal of Roentgenology*, v. 200, n. 1, p. 142–145, 14 jan. 2013. b. Disponível em: <http://www.ajronline.org/doi/abs/10.2214/AJR.12.8501>. Acesso em: 26 nov. 2020.

DEVARAJ, A.; SAYER, C.; SHEARD, S.; GRUBNIC, S.; NAIR, A.; VLAHOS, I. Diagnosing Acute Pulmonary Embolism with Computed Tomography. *Journal of Thoracic Imaging*, v. 30, n. 3, p. 176–192, 1 dez. 2015. . Acesso em: 17 out. 2022.

DIXON, R. L. **The Physics of CT Dosimetry CTDI and Beyond**. 1. ed., Boca Raton: [s.n.], 2019.

DOMINA, E. A. Chernobyl catastrophe: cytogenetic effects of low dose ionizing radiation and their modification. *Experimental oncology*, v. 38, n. 4, p. 219–223, dez. 2016.

DOVALES, A. C. M.; SOUZA, A. A. De; VEIGA, L. H. S. Tomografia computadorizada no

Brasil: frequência e padrão de uso em pacientes internados no Sistema Único de Saúde (SUS). *Revista Brasileira de Física Médica*, v. 9, n. 1, p. 11–14, 2015. Disponível em: <https://rbfm.org.br/rbfm/article/view/327>. Acesso em: 14 nov. 2022.

GOOGLE. **Conheça o Data Studio - Ajuda do Data Studio**. Disponível em: <https://support.google.com/datastudio/answer/6283323?hl=pt-BR>. Acesso em: 27 ago. 2022.a.

GOOGLE. **Google - Sobre**. Disponível em: <https://about.google/>. Acesso em: 28 fev. 2022.b.

GOOGLE. **Planilhas Google: crie e edite planilhas on-line gratuitamente**. Disponível em: https://www.google.com/sheets/about/?utm_source=gaboutpage&utm_medium=sheetslink&utm_campaign=gabout. Acesso em: 28 fev. 2022.c.

HAVRÁNKOVÁ, R. Biological effects of ionizing radiation. *Casopis Lekarů Ceskych*, v. 159, n. 7–8, p. 258–260, 2020. . Acesso em: 10 jun. 2022.

HESENBRUCH, A. A brief history of x-rays. *Endeavour*, v. 26, n. 4, p. 137–141, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12535920/>. Acesso em: 25 fev. 2022.

HISTORY.COM. **History of X-rays - 125 years in the making (pt 1) - Excillum**. Disponível em: <https://www.excillum.com/history-of-x-rays-early-years/>. Acesso em: 25 fev. 2022.

HOUNSFIELD, G. N. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. <http://dx.doi.org/10.1259/0007-1285-46-552-1016>, v. 46, n. 552, p. 1016–1022, 28 jan. 2014. Disponível em: <https://www.birpublications.org/doi/abs/10.1259/0007-1285-46-552-1016>. Acesso em: 24 jan. 2022.

HUSSEIN, R.; ENGELMANN, U.; SCHROETER, A.; MEINZER, H. P. DICOM structured reporting: Part 1. Overview and characteristics. *Radiographics*, v. 24, n. 3, p. 891–896, 1 maio. 2004. Disponível em: <https://pubs-rsna.ez67.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1148/rg.243035710>. Acesso em: 01 maio 2022.

INTERSYSTEMS. **DICOM Glossary of Terms | Ensemble DICOM Development Guide | Caché & Ensemble 2018.1.4 – 2018.1.7**. Disponível em: https://docs.intersystems.com/latest/csp/docbook/DocBook.UI.Page.cls?KEY=EDICOM_GLOSSARY_OF_TERMS. Acesso em: 16 nov. 2022.

LANFERMANN, H.; RAAB, P.; KRETSCHMANN, H.-J.; WEINRICH, W. **Cranial Neuroimaging and Clinical Neuroanatomy, Atlas of MR Imaging and Computed Tomography**. 4. ed., New York: Thieme Publishers Stuttgart, 2019.

LAW, M. Y. Y.; LIU, B. Informatics in radiology: DICOM-RT and its utilization in radiation therapy. *Radiographics*, v. 29, n. 3, p. 655–667, 1 maio. 2009. Disponível em: <https://pubs->

rsna.ez67.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1148/rg.293075172. Acesso em: 01 maio 2022.

MCCOLLOUGH, C. H. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. X-ray production. <https://doi.org/10.1148/radiographics.17.4.9225393>, v. 17, n. 4, p. 967–984, 1 jul. 1997. Disponível em: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiographics.17.4.9225393>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Ficha Estabelecimento - Modulo Conjunto**. Disponível em: http://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Conjunto.asp?VCo_Unidade=3513002792141. Acesso em: 11 fev. 2022.

MINISTÉRIO DA SAUDE. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 93**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-93-de-27-de-maio-de-2021-323016253>. Acesso em: 30 set. 2022.

NETO, J. V.; SANTOS, C. B. Dos; TORRES, É. M.; ESTRELA, C. Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 26, n. 76, , 3 abr. 2017. Disponível em: <https://robrac.org.br/seer/index.php/ROBRAC/article/view/1132>. Acesso em: 14 out. 2022.

NIKOLAOU, K.; THIEME, S.; SOMMER, W.; JOHNSON, T.; REISER, M. F. Diagnosing pulmonary embolism: New computed tomography applications. **Journal of Thoracic Imaging**, v. 25, n. 2, p. 151–160, maio. 2010. Disponível em: https://journals.lww.com/thoracicimaging/Fulltext/2010/05000/Diagnosing_Pulmonary_Embolism__New_Computed.11.aspx. Acesso em: 17 out. 2022.

NOËL, P. B.; RENGER, B.; FIEBICH, M.; MÜNDEL, D.; FINGERLE, A. A.; RUMMENY, E. J.; DOBRITZ, M. Does Iterative Reconstruction Lower CT Radiation Dose: Evaluation of 15,000 Examinations. **PLOS ONE**, v. 8, n. 11, p. e81141, 26 nov. 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0081141>. Acesso em: 26 fev. 2022.

NOSCHANG, J.; GUIMARÃES, M. D.; TEIXEIRA, D. F. D.; BRAGA, J. C. D.; HOCHHEGGER, B.; SANTANA, P. R. P.; MARCHIORI, E. Pulmonary thromboembolism: new diagnostic imaging techniques. **Radiologia Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 178–186, 28 maio. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rb/a/K9CyMJkvKwH33MhLWcHmVg/abstract/?lang=en>. Acesso em: 17 out. 2022.

OMMAYA, A. K.; MURRAY, G.; AMBROSE, J.; RICHARDSON, A.; HOUNSFIELD, G. Computerized Axial Tomography: Estimation of Spatial and Density Resolution Capability. <http://dx.doi.org/10.1259/0007-1285-49-583-604>, v. 49, n. 583, p. 604–611, 28 jan. 2014. Disponível em: <https://www.birpublications.org/doi/abs/10.1259/0007-1285-49-583-604>. Acesso em: 24 jan. 2022.

PETRIK, V.; APOK, V.; BRITTON, J. A.; BELL, B. A.; PAPADOPOULOS, M. C. Godfrey Hounsfield and the dawn of computed tomography. **Neurosurgery**, v. 58, n. 4, p. 780–786,

abr. 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16575342/>. Acesso em: 05 fev. 2022.

PIXELMED. **How to use DoseUtility™™**. Disponível em: <http://www.dclunie.com/pixelmed/software/webstart/DoseUtility™Usage.html>. Acesso em: 11 jul. 2022.

RAFAEL C. GONZALEZ; GONZALEZ, R. C. **Processamento Digital de Imagens- 3ª Edição**. [S.l.: s.n.], 2010. v. 1.

ROBSON FAGUNDES. **Entenda O Que é DICOM, Suas Funcionalidades E Benefícios Para A Telemedicina - Blog Da Rdicom**. Disponível em: <https://rdicom.com.br/blog/o-que-e-dicom/>. Acesso em: 05 nov. 2022.

RODRIGO FERREIRA. **Efeitos da Radiação no Corpo Humano - Radioproteção na Prática**. Disponível em: <https://radioprotecaonapratica.com.br/efeitos-da-radiacao-no-corpo-humano/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

RODRIGUES, S. I.; ABRANTES, A. F.; RIBEIRO, L. P.; ALMEIDA, R. P. P. Estudo da dose nos exames de tomografia computadorizada abdominal em um equipamento de 6 cortes. **Radiologia Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 326–333, out. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rb/a/GJ4jDgnYZPH4gPhHrvdZHyr/?lang=pt>. Acesso em: 05 nov. 2022.

ROMANO, R. F. T.; SALVADORI, P. S.; TORRES, L. R.; BRETAS, E. A. S.; BEKHOR, D.; CALDANA, R. P.; MEDEIROS, R. B.; D'IPPOLITO, G. Readequação de protocolos de exames de tomografia computadorizada de abdome em um hospital universitário: impacto na dose de radiação. **Radiologia Brasileira**, v. 48, n. 5, p. 292–297, 1 set. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rb/a/HZj5N9fPW6BmbBc4YJbwcGt/?lang=pt>. Acesso em: 05 nov. 2022.

ROMANS, L. E. **Computed tomography for technologists : a comprehensive text**. [S.l.]: Wollters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2011. v. 1.

SCHMID, J.; NAGY, E.; KAUFMANN-BÜHLER, A. K.; STEINER, J.; JANISCH, M.; JANEK, E.; REITER, C.; EIBISBERGER, M.; SOFTIC, N.; GUSS, H.; FUCHSJÄGER, M.; ADELSMAYR, G. Diagnosing Pulmonary Embolism With Computed Tomography Pulmonary Angiography: Diagnostic Accuracy of a Reduced Scan Range. **Journal of Thoracic Imaging**, v. 37, n. 5, p. 323–330, 1 set. 2022. . Acesso em: 17 out. 2022.

SECONCI. **Gestão pública - Seconci / OSS - Seconci-SP**. Disponível em: <https://www.seconci-sp.org.br/gestao-publica>. Acesso em: 05 nov. 2022.

SECONCI OSS SP. **Centro de pesquisa - Seconci-SP**. Disponível em: <https://www.seconci-sp.org.br/centro-de-pesquisa>. Acesso em: 11 fev. 2022.a.

SECONCI OSS SP. **Hospital Regional de Cotia - SECONCI**. Disponível em: <http://www.hrc.org.br/historico.php>. Acesso em: 11 fev. 2022.

SECONCI OSS SP. **IEPAC - Seconci-SP**. Disponível em: <https://www.seconci-sp.org.br/iepac>. Acesso em: 11 fev. 2022.b.

SHYU, J. Y.; KHURANA, B.; SOTO, J. A.; BIFFL, W. L.; CAMACHO, M. A.; DIERCKS, D. B.; GLANC, P.; KALVA, S. P.; KHOSA, F.; MEYER, B. J.; PTAK, T.; RAJA, A. S.; SALIM, A.; WEST, O. C.; LOCKHART, M. E. ACR Appropriateness Criteria® Major Blunt Trauma. **Journal of the American College of Radiology**, v. 17, n. 5, p. S160–S174, 1 maio. 2020. Disponível em: <http://www.jacr.org/article/S1546144020301125/fulltext>. Acesso em: 01 out. 2022.

SIQUEIRA, D. **Melhorando a análise com o Boxplot**. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/melhorando-a-analise-com-o-boxplot>. Acesso em: 17 out. 2022.

SMITH, T. A.; KIRKPATRICK, D. R.; SMITH, S.; SMITH, T. K.; PEARSON, T.; KAILASAM, A.; HERRMANN, K. Z.; SCHUBERT, J.; AGRAWAL, D. K. Radioprotective agents to prevent cellular damage due to ionizing radiation. **Journal of Translational Medicine**, v. 15, n. 1, , 9 nov. 2017. Disponível em: <https://go-gale.ez67.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=14795876&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA533137924&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SMITH-BINDMAN, R.; MIGLIORETTI, D. L. CTDIvol, DLP, and Effective Dose Are Excellent Measures for Use in CT Quality Improvement. **Radiology**, v. 261, n. 3, p. 999, dez. 2011. Disponível em: [/pmc/articles/PMC6940005/](https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2011233101). Acesso em: 27 set. 2022.

STAMM, G.; NAGEL, H. D. CT-Expo - ein neuartiges Programm zur Dosisevaluierung in der CT. **RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren**, v. 174, n. 12, p. 1570–1576, 1 dez. 2002. Disponível em: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2002-35937>. Acesso em: 26 nov. 2020.

SULLIVAN, P. J. Seeing the bones of things: A scan of x-rays' early history. **Canadian Family Physician**, v. 57, n. 10, p. 1174–1175, out. 2011. . Acesso em: 25 fev. 2022.

TRUQUES&DICAS. **Como limpar automaticamente a pasta Temp no Windows 10 - Pplware**. Disponível em: <https://pplware.sapo.pt/truques-dicas/limpar-pasta-temp-windows-10/>. Acesso em: 17 out. 2022.

TSAPAKI, V.; ALDRICH, J. E.; SHARMA, R.; STANISZEWSKA, M. A.; KRISANACHINDA, A.; REHANI, M.; HUFTON, A.; TRIANTOPOULOU, C.; MANIATIS, P. N.; PAPAILIOU, J.; PROKOP, M. Dose Reduction in CT while Maintaining Diagnostic Confidence: Diagnostic Reference Levels at Routine Head, Chest, and Abdominal CT—IAEA-coordinated Research Project1. **https://doi.org/10.1148/radiol.2403050993**, v. 240, n. 3, p. 828–834, 1 set. 2006. Disponível em: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2403050993>. Acesso em: 22 jul. 2022.

UNEP. **Radiation effects and sources: What is radiation? What does radiation do to us? Where does radiation come from?** Wien: UNEP, 2016. 55 p. Disponível em:

https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/-Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources.pdg.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

USNRC. ***Doses In Our Daily Lives | NRC.gov***. Disponível em: <https://www.nrc.gov/about-nrc/radiation/around-us/doses-daily-lives.html>. Acesso em: 02 nov. 2022.

VERSCHAKELEN, J. A.; DE WEVER, W. ***Computed Tomography of the Lung***. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018.

ZAMANI, H.; KAVOUSI, N.; MASJEDI, H.; OMIDI, R.; RAHBAR, S.; PEROTA, G.; RAZAVI, E.; ZARE, M. H.; ABEDI-FIROUZJAH, R. ESTIMATION OF DIAGNOSTIC REFERENCE LEVELS AND ACHIEVABLE DOSES FOR PEDIATRIC PATIENTS IN COMMON COMPUTED TOMOGRAPHY EXAMINATIONS: A MULTI-CENTER STUDY. ***Radiation protection dosimetry***, v. 194, n. 4, p. 214–222, 1 maio. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34244802/>. Acesso em: 18 out. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone (11) 2810-1570 ou (11) 2810-1572
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://mprofissional.ipen.br>

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Governo do Estado de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) do Governo Federal.
