

Uso do Relatório Estruturado de Dose de Radiação (RDSR) na estimativa de dose em tomografia computadorizada

Use of the Radiation Dose Structured Report (RDSR) in dose estimation in computed tomography

Uso del Radiation Dose Structured Report (RDSR) en la estimación de dosis en tomografía computarizada

Recebido: 24/05/2022 | Revisado: 12/06/2022 | Aceito: 12/06/2022 | Publicado: 22/06/2022

Daiane Cristini Barbosa de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6511-8024>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Brasil

E-mail: daiane.cristini@ifsc.edu.br

Maria Eduarda Vieira Cidral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2826-7818>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Brasil

E-mail: maria.v23@aluno.ifsc.edu.br

Camila Ribeiro Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4801-7509>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Brasil

E-mail: camila.f01@aluno.ifsc.edu.br

Karen Emanuelle de Brito Malaquias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1797-551X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Brasil

E-mail: karen.b@aluno.ifsc.edu.br

Yasmim dos Santos Maria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1201-0471>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Brasil

E-mail: yasmim.sm@aluno.ifsc.edu.br

Charlene da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0761-4358>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Brasil

E-mail: charlene.silva@ifsc.edu.br

Marcus Vinicius Linhares de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9942-1478>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil

E-mail: marcusradiology@gmail.com

Mauricio Mitsuo Monção

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0183-1992>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil

E-mail: maurimitsuo@yahoo.com.br

Juliana dos Santos Muller

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8593-304X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Brasil

E-mail: juliana.muller@ifsc.edu.br

Resumo

O Relatório Estruturado de Dose de Radiação (RDSR) permite a gravação e o armazenamento das informações relativas às exposições e doses de radiação do radiodiagnóstico, e por isso tem sido utilizado como ferramenta nas estimativas das doses decorrentes de procedimentos radiológicos. Este estudo realizou uma revisão da literatura acerca dos aspectos conceituais e a aplicabilidade do RDSR na estimativa de dose em pacientes submetidos a exames de tomografia computadorizada (TC). Trata-se de uma pesquisa de natureza básica, com caráter qualitativo com o uso dos procedimentos técnicos da pesquisa documental. Os dados foram coletados a partir de publicações, documentos, suplementos e normas dos seguintes órgãos: *DICOM Standards Committee*; *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA), *International Electrotechnical Commission* (IEC) e *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM). A pesquisa incluiu publicações de 2005 a 2021 com os seguintes termos chaves: *Radiation Dose Structured Report*; *Dose Data Page*; *Dose report sheet*; *Dose report page*; *Dose Report*; *Radiation Dose Reporting* e *Dose Estimation*. A revisão foi constituída de 28 publicações científicas. As informações foram categorizadas em três grupos: parâmetros para estimativa de dose em TC; registros de dose antes do RSDR; e definição e aplicação do RSDR. O RDSR permite o armazenamento padronizado das informações referentes à exposição a radiação, a ferramenta se destaca pela organização e confiabilidade para estimativa de dose.

Palavras-chave: Dose de radiação; Tomografia computadorizada; Proteção radiológica.

Abstract

The Structured Radiation Dose Report (SDR) allows the recording and storage of information regarding radiation exposures and doses from radiodiagnostic imaging, and therefore has been used as a tool in the estimation of doses from radiological procedures. This study performed a literature review on the conceptual aspects and applicability of the RDSR in dose estimation in patients undergoing computed tomography (CT) examinations. This is a basic research, qualitative in nature with the use of technical procedures of documentary research. Data were collected from publications, documents, supplements, and standards from the following bodies: DICOM Standards Committee; National Electrical Manufacturers Association (NEMA), International Electrotechnical Commission (IEC) and American Association of Physicists in Medicine (AAPM). The search included publications from 2005 to 2021 with the following key terms: Radiation Dose Structured Report; Dose Data Page; Dose report sheet; Dose report page; Dose Report; Radiation Dose Reporting and Dose Estimation. The review consisted of 28 scientific publications. The information was categorized into three groups: parameters for dose estimation in CT; dose records before RDSR; and definition and application of RDSR. The RDSR allows the standardized storage of information regarding radiation exposure, the tool stands out for its organization and reliability for dose estimation.

Keywords: Radiation dosage; Computed tomography; Radiological protection.

Resumen

La Relación Estructurada de Dosis de Radiación (RDSR) permite la obtención y el almacenamiento de información relativa a la exposición y las dosis de radiación del radiodiagnóstico, por lo que se ha utilizado como herramienta para la estimación de las dosis decentes de los procedimientos radiológicos. Este estudio realiza una revisión de la literatura sobre los aspectos conceptuales y la aplicabilidad de la RDSR en la estimación de la dosis en pacientes sometidos a exámenes de tomografía computarizada (TC). Se trata de una investigación básica y cualitativa con la utilización de procedimientos técnicos de investigación documental. Los datos se han recopilado a partir de publicaciones, documentos, suplementos y normas de los siguientes organismos: Comité de Normas DICOM; Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM). La búsqueda incluyó publicaciones desde 2005 hasta 2021 con los siguientes términos clave: Radiation Dose Structured Report; Dose Data Page; Dose report sheet; Dose report page; Dose Report; Radiation Dose Reporting and Dose Estimation. La revisión consistió en 28 publicaciones científicas. La información se clasificó en tres grupos: parámetros para la estimación de la dosis en TC; registros de dosis antes de la RDSR; y definición y aplicación de la RDSR. El RDSR permite el almacenamiento estandarizado de la información relativa a la exposición a la radiación, la herramienta destaca por su organización y fiabilidad para la estimación de la dosis.

Palabras clave: Dosis de radiación; Tomografía computarizada; Protección radiológica.

1. Introdução

Com o constante aumento do uso das radiações ionizantes na medicina, diversas autoridades regulatórias têm recomendado ou até mesmo exigido a documentação das informações relativas a essas exposições nos registros médicos do paciente, a fim de conhecer e gerenciar as doses recebidas pelos pacientes expostos (DICOM, 2005). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) tornou obrigatório em junho de 2021, por meio da Instrução Normativa nº 93/2021, a indicação de parâmetros indicativos de dose em equipamentos de tomografia computadorizada (TC) comercializados no país (Brasil, 2021).

Usualmente, nos equipamentos de TC, há parâmetros para estimar as doses decorrentes das exposições médicas de modo que um dos principais indicadores é o Índice de Dose em Tomografia Computadorizada (CTDI) e o Produto Dose Comprimento (DLP) (Rodrigues *et al.*, 2012). Estes parâmetros geralmente estão disponíveis nos cabeçalhos das imagens DICOM¹ ou no relatório de dose. Porém, apesar desse índice de dose estar frequentemente disponível, variáveis como múltiplas reconstruções, sobreposição e falta de padronização nos protocolos torna difícil a extração de dados para a estimativa da dose (DICOM, 2019).

A fim de resolver questões como essas, em 2005, o comitê responsável pelo padrão DICOM criou o Relatório Estruturado de Dose de Radiação (RDSR²), que desde então tem facilitado a gravação e o armazenamento das informações

¹ *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) é um padrão de imagens usados na comunicação e gerenciamento de imagens médicas.

² *Radiation Dose Structured Report* (RDSR) em inglês.

relativas às exposições e doses de radiação nas modalidades de imagem como radiologia, mamografia, angiografia, e desde 2014, medicina nuclear (DICOM, 2017; Sechopoulos et al., 2015).

Anteriormente ao RDSR não havia uma forma padronizada para separar os dados referentes à exposição dos dados de imagem, utilizava-se apenas os relatórios de dose convencionais que possuíam limitações. O RDSR é parte do padrão DICOM responsável por reunir e organizar a maioria das informações, o que inclui os índices de dose tais como CTDI e DLP que são úteis na estimativa de dose de radiação. Desde então o RDSR está sendo disponibilizado na maioria dos novos tomógrafos comercializados (DICOM, 2007; Yeager, 2015).

Entretanto, a implementação do RDSR para a tomografia computadorizada iniciou-se em 2007, por isso os tomógrafos fabricados antes deste ano não possuem tal ferramenta e a estimativa de dose de exames realizados nestes equipamentos pode ser mais complexa (DICOM, 2019). Diante do exposto, o objetivo do artigo foi realizar uma revisão integrativa da literatura acerca dos aspectos conceituais e a aplicabilidade do RDSR na estimativa de dose em pacientes submetidos a exames de tomografia computadorizada.

2. Metodologia

O método utilizado para o desenvolvimento do presente artigo consistiu em uma pesquisa de natureza básica, de caráter qualitativo, com o uso dos procedimentos técnicos da pesquisa documental. A pesquisa documental auxilia na construção do processo de evolução de conhecimentos e conceitos, e consiste na busca, seleção e análise dos documentos de interesse da pesquisa, visando a extração de informações sobre o tema proposto (Marconi & Lakatos, 2021).

Considerando que a temática proposta ainda é pouco explorada e elucidada na literatura, definiu-se realizar a coleta de dados a partir dos documentos emitidos pelas organizações responsáveis pelo padrão DICOM, ou, correlacionadas com alguma organização dentro da temática proposta. Para isso, a estratégia de busca utilizada consistiu no levantamento de publicações, documentos, suplementos e normas dos seguintes órgãos: *DICOM Standards Committee*; *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA); *International Electrotechnical Commission* (IEC); e *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM).

As bases de dados utilizadas foram a biblioteca digital *International Nuclear Information System* (INIS) da *International Atomic Energy Agency* (IAEA) e PubMed. Os termos chaves utilizados nas buscas, em inglês, foram: *Radiation Dose Structured Report*; *Dose Data Page*; *Dose report sheet*; *Dose report page*; *Dose Report*; *Radiation*; *Dose Reporting*; e *Dose Estimation*. O período de busca abrangeu de 2005 até 2022, uma vez que o RDSR foi implementado em 2005 pelo *DICOM Standards Committee*.

Os dados coletados e sumarizados constituíram-se de 28 publicações científicas compostas por normas, regulamentos, suplementos, resoluções, relatórios, anuários, recomendações e documentos técnicos nacionais e internacionais. A análise consistiu na leitura prévia, seleção, categorização e leitura pormenorizada dos arquivos selecionados. Posteriormente, elaborou-se a síntese e apresentação dos resultados obtidos.

3. Resultados e Discussões

Os resultados encontrados foram categorizados em três grupos conforme a análise documental proposta. Em virtude da relevância da temática, iniciou-se acerca dos parâmetros para estimativa de dose em TC registros de dose antes da aplicação do conceito RSDR, e por fim, à conceituação e aplicação deste novo conceito.

3.1 Parâmetros para estimativa de dose em TC

Dentre os parâmetros disponíveis para estimativas de dose, o $CTDI_{vol}$ é utilizado para mensurar a radiação emitida pelo tomógrafo durante o exame. Para essa mensuração, um *phantom* de polimetilmetacrilato (PMMA) de 16 ou 32 cm como referência é utilizado. Assim, o $CTDI_{vol}$ não representa a dose absorvida³ pelo paciente, principalmente devido a variação de tamanho da anatomia do paciente em comparação com os *phantoms* de PMMA, informa apenas a quantidade de radiação emitida pelo equipamento. Para estimar a dose absorvida considera-se o comprimento da área estudada (*scan ranger* ou *scan length*), multiplicando o $CTDI_{vol}$, então obtemos o DLP que é dado em mGy.cm e representa a dose absorvida na região estudada (IEC, 2002; Sensakovic & Warden, 2016).

Desde 2011, a AAPM estabeleceu um indicador de dose alternativo a Estimativa de dose específica por tamanho (SSDE⁴), que permite a estimativa mais realista das doses recebidas por pacientes. Isso ocorre porque o SSDE considera o tamanho da anatomia do paciente por meio da utilização de um fator de conversão obtido de acordo com diâmetro efetivo da região de estudo de cada paciente (AAPM, 2011).

Já a estimativa da dose efetiva consiste em multiplicar o DLP, por um fator de conversão (fator k fornecido pela *European Commission*) que leva em consideração a região anatômica (European Commission, 2004). O valor obtido permite uma estimativa razoável da dose efetiva de um paciente padrão, visto que esses fatores de conversão são calculados por meio de simulação Monte Carlo e *phantoms* computacionais (European Commission, 2010; UNSCEAR, 2017). Os dados utilizados para essas estimativas de dose podem ser extraídos de forma confiável de diferentes fontes: cabeçalho DICOM, relatório de dose (*Dose Report*) e RDSR gerados após cada exame de TC.

3.2 Registro das Doses em TC antes do RDSR - *Dose Data Page* e *DICOM header*

3.2.1 *Dose Data Page*

Desde a atualização da RDC nº 611/2022 e a criação da Instrução Normativa nº 93/2021, ambas da ANVISA, a importância de se registrar os parâmetros de dose como $CTDI_{vol}$ e DLP para cada exame nos serviços de tomografias no Brasil foi reforçada (Brasil, 2019; Brasil, 2021). A obrigatoriedade da indicação de todos esses parâmetros, para os tomógrafos comercializados passou a ser requerida após essas publicações. Apesar da obrigatoriedade estabelecida pela ANVISA, em tomógrafos mais novos esta já é uma prática comum nos países fabricantes dos equipamentos. De acordo com AAPM (2019), antes mesmo da introdução do RDSR, os fabricantes de tomógrafos já forneciam um resumo das informações referentes à dose na *dose data page*, ‘página de dados de dose’ em uma tradução literal, também conhecida popularmente como ‘página de dose’ (AAPM, 2019).

A *dose data page* consiste em uma imagem com informação textual, criada automaticamente e salva como uma imagem associada ou não com os cabeçalhos DICOM (Figura 1). Uma vez que os fabricantes introduziram a *dose data page* em diferentes momentos, os tomógrafos possuem diferentes graus de conformidade. Assim, a disponibilidade de informações relacionadas à dose em TC varia de acordo com modelo do tomógrafo e a versão de *software* instalada (Sensakovic & Warden, 2016; AAPM, 2019).

³ Dose absorvida é definida como a quantidade de energia depositada na matéria pela radiação ionizante.

⁴ *Size-Specific Dose Estimates* (SSDE), em inglês.

Figura 1. *Dose data page* de um tomógrafo da *GE Medical* na qual são apresentados os valores de $CTDI_{vol}$ e DLP e o *phantom* utilizado para cada série do exame.

Patient Name:		Exam no: 26335			
Accession Number:		01 Set 2021			
Patient ID:		Revolution EVO			
Exam Description: Abdomen					
Relatório de Dose					
Series	Type	Scan Range (mm)	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	\$52.750-1182.250	13.35	377.43	Body 32
4	Helical	\$52.750-1147.250	13.29	329.19	Body 32
4	Helical	\$52.750-1147.250	13.27	328.69	Body 32
4	Helical	\$52.750-1402.250	14.55	731.32	Body 32
Total Exam DLP:				1766.63	
1/1					

Fonte: Dados da pesquisa (Imagens cedidas pela equipe do HRSJ).

Ao término de cada exame, os dados úteis para a estimativa de dose são apresentados na *dose data page*. Entre os dados apresentados pode-se destacar: informações específicas para cada série (varredura) adquirida durante o exame; tensão do tubo (kV); corrente média do tubo (mA) e tempo de rotação (s); $CTDI_{vol}$; tamanho *phantom* usado para calcular o CTDI; e DLP. Todas essas informações podem ser úteis para solucionar problemas relacionados às técnicas utilizadas e a qualidade de imagem, repetições de exames, otimização de protocolos e principalmente na estimativa de dose (Sensakovic & Warden, 2016).

No caso dos tomógrafos que não possuem RDSR, a extração das informações relacionadas à dose de radiação, após o exame de TC, disponíveis na imagem da *dose data page* pode ser feita por meio de *softwares* como *Optical Character Recognition* (OCR) que permite a leitura de valores numéricos como $CTDI_{vol}$ ou DLP disponíveis na imagem (AAPM, 2019).

3.2.2 DICOM Header

Em tomógrafos fabricados mais recentemente os parâmetros de dose podem ser extraídos diretamente do DICOM *header* (cabeçalho DICOM). Todo exame radiológico produz uma imagem e um conjunto de informações textuais codificadas no padrão DICOM. Ao conjunto de informações textuais é dado o nome de cabeçalho DICOM.

No cabeçalho DICOM, cada informação ou DICOM *attributes* (atributo DICOM) é identificada por meio de uma *tag* DICOM, uma etiqueta composta de dois números curtos (em formato hexadecimal) chamado Grupo e Elemento (Tabela 1). Atributos DICOM que estão relacionados um ao outro, às vezes compartilham o mesmo grupo, como por exemplo: corrente do tubo de raios X (0018, 9930), kVp (0018, 0060) e tempo de exposição (0018, 1030) (Innolitics, 2021).

Tabela 1. Atributos de imagem DICOM com *tags* para dados de aquisição e dose em TC no Grupo 0018.

TAG DICOM	NOME	DESCRIÇÃO
[0018,1160]	Tipo de filtro	Tipo de filtro inserido no feixe de raios X.
[0018,0060]	kVp	Tensão máxima do gerador de raios X.
[0018,9305]	Tempo de Revolução	Tempo (s) de uma rotação completa do tubo de raios X no gantry.
[0018,0050]	Espessura da Fatia	Espessura nominal do corte (mm).
[0018,9311]	Pitch	Deslocamento da mesa por rotação (0018,9310) por largura total de colimação (0018,9307).
[0018,9310]	Deslocamento da mesa por rotação	Movimento da mesa (mm) durante uma rotação completa do tubo de raios X no gantry.
[0018,9307]	Largura total de colimação	A largura da colimação total (mm) sobre a área de detectores ativos.
[0018,1151]	Corrente do tubo de raios X	Corrente do tubo de raios X em mA.
[0018,9345]	CTDI _{vol}	Índice de dose de tomografia computadorizada – CTDI _{vol} (mGy).
[0018,9943]	DLP*	Produto dose comprimento – DLP (mGy.cm).
[0018,9328]	Tempo de exposição	Duração da exposição (ms). Se o tipo de aquisição (0018,9302) for espiral, a duração do tempo de exposição será o tempo de rotação (0018,9305) pelo Pitch (0018,9311).
[0018,9306]	Largura de colimação	A largura de uma única fatia de dados adquiridos (mm).
[0018,9346]	Phantom CTDI	O tipo de phantom usado para a medição CTDI de acordo com [IEC 60601-2-44].
[0018,0090]	Diâmetro de coleta de dados	O diâmetro (mm) da região sobre a qual os dados foram coletados.
[0018,9323]	Modulação da exposição	Descreve o tipo de modulação usada na exposição.
[0018,1041]	Localização da fatia**	Posição relativa do plano da imagem exposta (mm).

*Para DLP não há uma *tag* padrão. Nesses casos, os fabricantes podem fornecer um *tag* privada. Ex: *Philips* usa a *tag* (00E1.1021) para DLP (20). **Alguns estudos utilizam a *tag* DICOM 0020,1041 como *scan length* (Jahnen et al., 2011). Fonte: Autores (2022).

Diversos estudos têm utilizado dados do cabeçalho DICOM como fonte de dados para cálculo e estimativa de dose. De forma geral, esses estudos têm utilizado ferramentas para extração e organização desses dados a fim de calcular as doses efetivas por exame a partir dos dados extraídos, eliminando possíveis erros como os ocorridos devido a captura de tela das páginas de dose (Jahnen, 2011; Dave & Gingold, 2013; César *et al.*, 2018, Souza *et al.*, 2018).

Em um estudo epidemiológico europeu sobre TC pediátrica, realizado por de Thierry-Chef *et al.* (2021), dados de mais de 1 milhão de exames foram extraídos do sistema de gerenciamento de imagens médicas, *Picture Archiving and Communication System* (PACS), dos locais participantes para estimar doses de pacientes submetidos a exames de TC. Entretanto, nem todos os parâmetros técnicos como CTDI_{vol}, DLP e Filtro *Bowtie*, foram obtidos dessa extração. Para isso, recursos adicionais foram necessários, como auxílio de especialistas na avaliação do comprimento de varredura, questionários e entrevistas com profissionais e uso de dados estabelecidos em outros estudos nacionais.

Nota-se que apesar de serem frequentemente utilizados, tanto a *dose data page* como o DICOM *header* possuem limitações. Pode-se destacar dificuldades da extração de informações por meio da imagem da página de dose, valor de dose duplicado a partir do DICOM *header*, informações incompletas ou não encaminhadas do tomógrafo para o PACS.

O próprio comitê do padrão DICOM reconhece que antes do RDSR, os valores de CTDI e DLP eram armazenados a partir de uma imagem de captura de tela de um relatório de dose (Tsalafoutas & Metallidis, 2011). Como principal desvantagem, os dados extraídos não poderiam ser processados automaticamente, para isso era necessário uso de reconhecimento óptico de caracteres e análise de texto. Além disso, a estimativa da dose baseada nos valores CTDI, apresentados no cabeçalho DICOM é “significativamente complicada” devido a múltiplas reconstruções a partir de uma única aquisição e a sobreposição de áreas da anatomia do paciente já expostas, questões estas que o parâmetro DLP resolve. Porém, ele não é item obrigatório no cabeçalho DICOM e, em alguns tomógrafos, é fornecido como atributo privado, já que representa a dose oriunda de múltiplas imagens (DICOM, 2007).

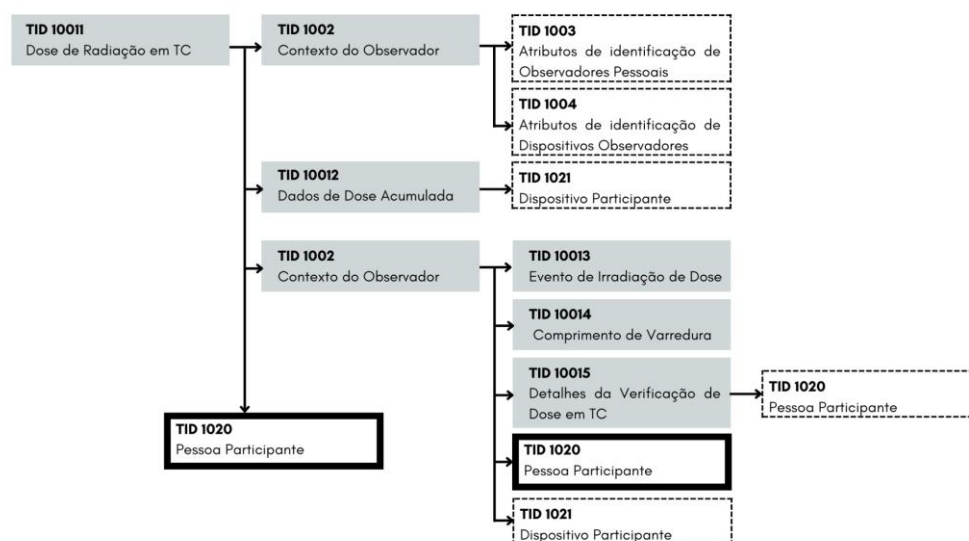
Assim, observa-se que estimativas de dose utilizando dados do cabeçalho DICOM são complexas e possuem variáveis que podem aumentar a incerteza dos valores obtidos. Devido a essas limitações, o RDSR surge como melhor recurso para capturar e armazenar as informações relacionadas à exposição à radiação.

3.2.3 RDSR - Definição e aplicação

As limitações apresentadas anteriormente neste estudo foram a razão para a implementação do RDSR pelo Comitê DICOM. O RDSR é um relatório no padrão DICOM que organiza e apresenta informações relacionadas às doses entregues aos pacientes. As principais informações consistem em: $CTDI_{vol}$; DLP; e *scan ranger* (*scan length*). Portanto, podem ser utilizados para estimar as doses recebidas. Foi criado pelo comitê do padrão DICOM em 2005, e em 2007 foi adicionado oficialmente ao padrão DICOM na tomografia computadorizada, por meio do Suplemento nº 97 (AAPM, 2005).

No RDSR o termo "estruturado" está associado à forma como o conteúdo é organizado. Ao invés de usar *tag* ou *attribute* DICOM, o RDSR utiliza *Template Identifier* (TIDs) para organizar sua estrutura. De acordo com Dong (2014), há uma 'árvore de conteúdo', que consiste em uma grande quantidade de informações organizadas em uma estrutura em forma de árvore organizada em três partes: 1) o cabeçalho DICOM; 2) a informação referente ao acúmulo de dose; e 3) informações para cada evento de irradiação (Figura 2) (Dong, 2014).

Figura 2. Estrutura do RDSR para sistema de tomografia computadorizada. Os *Template Identifier* (TIDs) ou identificador do modelo 1002; 10012; 10013, apresentam informações específicas sobre a dose de radiação recebida.



Fonte: Adaptado de AAPM, 2019 (AAPM, 2019).

De acordo com Yeager (2015), antes do RDSR, acessar e armazenar informações de dose requeria muito espaço de armazenamento, porque as informações eram anexadas às imagens. Se uma imagem foi duplicada, os dados de exposição também eram duplicados, o que poderia resultar em superestimativa da dose de radiação. O contrário também ocorria, se uma imagem fosse rejeitada, não gravada, ou ainda não gerada, as informações referentes às exposições de radiação não eram salvas. Isso porque o cabeçalho DICOM era excluído junto ou só era gerado se imagens fossem adquiridas.

Assim, o uso do RDSR em estimativas de dose torna o trabalho menos complexo e aumenta a confiabilidade dos dados, uma vez que foi desenvolvido para padronizar e registrar todas as informações relacionadas aos parâmetros de exposição. Além disso, outra importante vantagem do RDSR é que as informações nele apresentadas podem ser armazenadas e arquivadas no

PACS. Devido a essas vantagens o RDSR tem sido reconhecido como uma ferramenta valiosa na estimativa de dose (Sechopoulos et al., 2015).

Entretanto, uma desvantagem do RDSR é que o parâmetro $CTDI_{vol}$, quando obtido a partir do RDSR, é representado com a média da dose em todas as fatias de uma série. Assim, o efeito da modulação da dose ao longo do eixo z é perdido e só pode ser recuperado por meio da análise de cada fatia no cabeçalho DICOM (Loose *et al.*, 2021).

No Brasil, o uso e as vantagens do RDSR ainda são pouco discutidos. Um estudo realizado por Barros (2013), no qual se observou a heterogeneidade no armazenamento de dados de dose de exames tomográficos, foi relatado 'as soluções e esforços por parte dos fabricantes de equipamentos médicos para armazenar de maneira padronizada' essas informações. O mesmo estudo explicou a contribuição desses dados de dose para o Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde (STT) a fim de fornecer uma base confiável de informações a serem utilizadas na implantação do controle das doses de radiação em larga escala.

O STT foi criado em 2005 por um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em parceria com a Secretaria Estadual de Saúde (SES). Desde então diversos estudos visando otimizar o armazenamento de informações no sistema DICOM têm sido realizados (Barros, 2013; Wangenheim *et al.*, 2009). Destes pode-se destacar o estudo de Barcellos Junior (2012) no qual foi desenvolvida e implantada uma ferramenta para uso de laudo estruturado no padrão DICOM no STT.

3.2.4 Uso do RDSR na estimativa de dose em TC

É importante destacar que nem todo sistema PACS tem suporte para leitura, análise ou armazenamento do RDSR. Nesses casos softwares como *OpenRem*, *DoseUtility* podem ser utilizados para converter as informações de dose em um arquivo de texto simples.

Além disso, em tomógrafos antigos, é necessário ativar o RDSR e configurar o armazenamento DICOM para receber as informações do RDSR. Para isso é necessário verificar com o fabricante as atualizações necessárias e verificar se os resultados obtidos são coerentes com o relatado na Declaração de Conformidade DICOM do fabricante (AAPM, 2019; Dong, 2014).

Segundo Murugan *et al.* (2015), em 2011 foi lançado pelo *American College Radiology* (ACR) o *Dose Index Registry* (DIR), ou Registro de Índice de Dose, em português. O DIR consiste em uma base de dados do ACR que tem como objetivo coletar de maneira automatizada dados de dose provenientes de exames de TC. As instituições parceiras fornecem relatórios de dose e recebem relatórios acerca dos índices de dose e seus respectivos protocolos para que possam fazer comparações e estudos com os dados de diversas organizações. Estima-se que o programa conta com 3.435 instalações para o envio de dados, sendo que destas 2.423 são totalmente ativas (Mahesh, 2019). O número expressivo de organizações integrantes demonstra a relevância do DIR para estudos de dose em TC.

Desde seu lançamento, o DIR recebe dados do cabeçalho DICOM tanto por meio do RDSR, quanto pela *Dose Data Page*. Entretanto, em 2021, devido a padronização e automatização do RDSR, o ACR determinou a obrigatoriedade das instituições parceiras enviarem os dados em DICOM RDSR e não mais por meio da *Dose Data Page*. De acordo com a determinação do ACR, as organizações ainda poderão enviar imagens de captura secundária, mas estas não serão aceitas como meio único de transmissão de dados (ACR, 2021). Assim, para que os serviços possam participar, enviando os RDSR, as configurações do sistema PACS/DICOM deverão ser ajustadas pela equipe da engenharia clínica e física médica (Jones *et al.*, 2021).

O uso do RDSR na estimativa de dose tem sido recorrente, um estudo realizado por Morota *et al.* (2016) analisou as doses decorrentes de procedimentos de angiotomografia a partir de dados extraídos diretamente do RDSR. Os autores relataram que os dados obtidos permitiram o planejamento da redução de dose nos procedimentos realizados no serviço avaliado.

Em um estudo realizado por Boos *et al.* (2015) concluiu que tomógrafos com RDSR facilitam o monitoramento dos dados de dose. Isso porque o RDSR simplifica o processo de coleta de dados e permite um monitoramento abrangente da dose. Um outro grupo de pesquisadores também liderados por Boos *et al.* (2016) implementou o monitoramento automatizado das doses de exames de TC usando o RDSR. O principal objetivo da implementação foi monitorar os dados relacionados à dose para o estabelecimento de níveis de referência de diagnóstico nacional (DRLs), usando dados de mais de 36 mil exames. Como resultados, os autores destacaram que o monitoramento de dose por meio do RDSR permitiu uma ampla avaliação que auxiliou na determinação de DRLs locais e posterior comparação com DRLs nacionais permitindo estudos de dose multicêntricos.

Além disso, a *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) recomenda a coleta de dados a partir de RDSRs para estabelecimento de DRLs locais, nacionais ou regionais, visto que dados coletados de relatórios mais estruturados podem impactar de forma positiva na qualidade dos dados obtidos e na análise e otimização das doses estimadas (ICRP, 2017).

3.2.5 Limitações e avanços do RDSR

Apesar da sua grande contribuição o RDSR apresenta limitações, pois algumas informações importantes para a estimativa da dose do paciente ainda estão ausentes no RDSR. Pode-se citar como exemplo: índice de ruído, corrente real do tubo em diferentes ângulos de visão, SSDE; centralização do paciente, posicionamento dos braços e/ou anatomia relativa posição, além do fato que nem todos os sistemas PACS possuem leitor para esse tipo de relatório (AAPM, 2019; European Commission, 2004; Barcellos Junior, 2012).

Outra limitação é o fato de o RDSR não registrar a dose específica do paciente. Ao invés disso registra a radiação emitida pelo sistema de tomografia, ou de outra modalidade. Assim, não reflete necessariamente variáveis como: tamanho do paciente, Índice de Massa Corporal (IMC) e posicionamento. Com o intuito de resolver essa questão o *Working Group 28 (Physics)* do comitê do padrão DICOM criou em 2017 o Relatório Estruturado de Dose de Radiação do Paciente (P-RDSR), *Patient Radiation Dose Structured Report* em inglês, que armazena as estimativas de dose de radiação tanto do órgão como do corpo inteiro (DICOM, 2017; DICOM, 2021).

4. Considerações Finais

Em exames de TC os dados relacionados à dose geralmente são armazenados na página de dose ou no cabeçalho DICOM. Apesar da crescente atenção dada ao rastreamento da dose de radiação, os dados que permitem isso devem ser armazenados de forma padronizada para que possam ser analisados. O padrão DICOM e suas ferramentas, como o RDSR, podem fornecer um valioso auxílio na estimativa das doses recebidas por pacientes submetidos a exames e procedimentos radiológicos, sendo o RDSR a melhor fonte de dados para estimativa de dose devido à sua organização e confiabilidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro por meio do Projeto Universal PVFPL2167-2021. Os autores também agradecem os profissionais Dayana Ribeiro Santana, Daniel da Silva e demais colaboradores do setor de tomografia computadorizada do Hospital Regional de São José pelo suporte técnico e imagens cedidas.

Referências

AAPM. (2011). The Report of AAPM Task Group 204. Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. One physics Ellipse. American Association of Physicists in Medicine.

- AAPM. (2019). The Report of AAPM Task Group 246. Estimating Patient Organ Dose with Computed Tomography: A Review of Present Methodology and Required DICOM Information. American Association of Physicists in Medicine.
- ACR. (2021). *DIR is Moving to Exclusive Support of Radiation Dose Structured Report*. American College of Radiology. <https://www.acr.org/Practice-Management-Quality-Informatics/Quality-Care-News/Newsletter/Quality-and-Safety-eNews-March-2021/DIR-Is-Moving>.
- ANVISA (2021). Instrução Normativa nº 93 de 27 de maio de 2021. Dispõe sobre requisitos sanitários para a garantia da qualidade e da segurança em sistemas de tomografia computadorizada médica e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 31 (101), 157.
- ANVISA. (2022). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 611 de 09 de março de 2022. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 51 (1), 107.
- Barros, W. S. R. (2013). Controle de Dose de Radiação Aplicado ao Sistema Catarinense de Telemedicina. Trabalho de Conclusão de Curso/graduação. UFSC.
- Boos, J., Meineke, A., Rubbert, C., Heusch, P., Lanzman, R. S., Aissa, J., Antoch, G., & Kröpil, P. (2016). Cloud-Based CT Dose Monitoring using the DICOM-Structured Report: Fully Automated Analysis in Regard to National Diagnostic Reference Levels, *RoFo*: 188(3), 288–294. <https://doi.org/10.1055/s-0041-108059>.
- Boos, J., Meineke, A., Bethge, O. T., Antoch, G., & Kröpil, P. (2016). Dose Monitoring in Radiology Departments: Status Quo and Future Perspectives, *RoFo*: 188(5), 443–450. <https://doi.org/10.1055/s-0041-109514>.
- César, H. V., Cordeiro, S., Santos, E. & Azevedo-Marques, P. M. (2018). Ferramenta Computacional para Estimativa da Dose Efetiva em Exames de Tomografia Computadorizada a partir da Extração de Dados do Cabeçalho DICOM. *Revista Brasileira De Física Médica*. 12 (3), 35–38.
- Dave, J.K. & Gingold, E.L. (2013). Extraction of CT Dose Information from DICOM Metadata: Automated MATLAB-Based Approach. *Amer Jour of Roentg*. 200(1), 142-145.
- DICOM. (2005). Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Supplement 97: CT/MR Cardiovascular Analysis Report. DICOM Standards Committee, Working Group 1 Cardiovascular Information, Rosslyn, Virginia 22209 USA.
- DICOM. (2005). Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Supplement 94: Diagnostic X-Ray Radiation Dose Reporting (Dose SR). Working Group 6, Base Standard, Rosslyn, Virginia 22209 USA.
- DICOM. (2007). Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Supplement 127: CT Radiation Dose Reporting (Dose SR). Rosslyn, Virginia 22209 USA.
- DICOM. (2017). Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Supplement 191: Patient Radiation Dose Structured Report (P-RDSR). Rosslyn, Virginia 22209 USA.
- DICOM. (2019). *DICOM History*. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). <https://www.dicomstandard.org/history>.
- Dong, F. (2014). *CT radiation dose report from DICOM*. <http://amos3.aapm.org/abstracts/pdf/90-25382-333462-108387.pdf>.
- European Commission, Directorate-General for Energy and Transport. (2010). European guidance on estimating population doses from medical x-ray procedures, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2768/38190>
- European Commission, Directorate-General for Energy and Transport. (2004). *European guidelines on quality criteria for computed tomography*, Publications Office. <https://op.europa.eu/s/wjeu>.
- Innolitics. (2021). *DICOM Standard Browser*. <https://dicom.innolitics.com/ciods/ct-image>.
- IEC. (2016). Medical electrical equipment - Part 2-44: Medical electrical equipment - Part 2-44: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for computed tomography.
- Jahnen, A., Kohler, S., Hermen, J., Tack, D., & Back, C. (2011). Automatic Computed Tomography Patient Dose Calculation Using Dicom Header Metadata. *Radiation Protection Dosimetry*. 147(2), 317–320.
- Jones, A.K., et al. (2021). A diagnostic medical physicist's guide to the American College of Radiology Fluoroscopy Dose Index Registry. *J Appl Clin Med Phys*. 22(4), 8-14.
- Barcellos Junior, C.L. (2012). Concepção, desenvolvimento e implantação de uma ferramenta para uso de laudo estruturado no padrão DICOM SR em sistemas de telemedicina de larga escala. Dissertação de mestrado. UFSC.
- Loose, R. W., Vano, E., Mildenerger, P., Tsapaki, V., Caramella, D., Sjöberg, J., Paulo, G., Torresin, A., Schindera, S., Frijja, G., Damilakis, J., & European Society of Radiology (ESR) (2021). Radiation dose management systems-requirements and recommendations for users from the ESR EuroSafe Imaging initiative. *European radiology*, 31(4), 2106–2114. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07290-x>.
- Mahesh, M. (2019). New NCRP Report Shows Average Medical Radiation Doses in U.S. are Decreasing. Radiological Society of North America Daily Bulletin. <https://rsna2019.rsna.org/dailybulletin/index.cfm?pg=19tue05>.
- Marconi, M.A. & Lakatos, E.M. (2021). Técnicas de Pesquisa. Atlas.
- Morota, K., Moritake, T., Sun, L., Ishihara, T., Kuma, N., Murata, S., Yamada, T., & Okazaki, R. (2016). [Collection of DICOM RDSR (Digital Imaging and Communication in Medicine, Radiation Dose Structured Report) Information Aimed at Reducing Patient Exposure Dose]. *Journal of UOEH*, 38(4), 335–343. <https://doi.org/10.7888/juoeh.38.335>.

- Murugan, V. A., Bhargavan-Chatfield, M., Rehani, M., & Kalra, M. K. (2015). American College of Radiology Dose Index Registry: A User's Guide for Cardiothoracic Radiologists Part 1: Dose Index Registry (DIR)-What it Means and Does for CT?. *Journal of thoracic imaging*, 30(6), W66–W68. <https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000184>.
- Rodrigues, S.I., Abrantes, A.F., Ribeiro, L.P., & Rodrigues, R.P.P.A. (2012) Estudo da dose nos exames de tomografia computadorizada abdominal em um equipamento de 6 cortes. *Radiologia Brasileira*. 45 (6), 326-333.
- Sechopoulos, I., Trianni, A., & Peck, D. (2015). The DICOM Radiation Dose Structured Report: What It Is and What It Is Not. *Journal of the American College of Radiology*: JACR, 12(7), 712–713. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2015.04.002>.
- Sensakovic, W. F., & Warden, D. R. (2016). What Is the CT Dose Report Sheet and Why Is It Useful?. *AJR. American journal of roentgenology*, 207(5), 929–930. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.16686>.
- Souza, D. L. M., Francisco, M. F. F., Pimentel, R. B., Braga, L. F., Salido, F. S. A., Neves, R. F. C. A., Pires, S. R., Freitas, M. B., & Medeiros, R. B. (2018). Novo indicador de dose em CT (SSDE) determinado por meio de parâmetro geométrico extraído do cabeçalho DICOM. *Revista Brasileira De Física Médica*, 12(2), 18–22. <https://doi.org/10.29384/rbfm.2018.v12.n2.p18-22>.
- Thierry-Chef, I., Ferro, G., Le Cornet, L., Dabin, J., Istad, T. S., Jahnen, A., Lee, C., Maccia, C., Malchair, F., Olerud, H. M., Harbron, R. W., Figuerola, J., Hermen, J., Moissonnier, M., Bernier, M. O., Bosch de Basea, M. B., Byrnes, G., Cardis, E., Hauptmann, M., Journy, N., & Simon, S. L. (2021). Dose Estimation for the European Epidemiological Study on Pediatric Computed Tomography (EPI-CT). *Radiation research*, 196(1), 74–99. <https://doi.org/10.1667/RADE-20-00231.1>.
- Tsalafoutas, I. A., & Metallidis, S. I. (2011). A method for calculating the dose length product from CT DICOM images. *The British journal of radiology*, 84(999), 236–243. <https://doi.org/10.1259/bjr/37630380>.
- UNSCEAR. (2017). *UNSCEAR'S Global of Radiation Exposure. Medical Exposure*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. <https://www.survey.unscear.org>
- ICRP. (2017). ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Ann ICRP*. 46(1), 1-144.
- Wangenheim, I.V., Langendorf, C., Barcellos, C.L.J., Wagner, H.M., & Cavalcante, C. (2009). Caminhos para a implantação de telemedicina em larga escala: A experiência de Santa Catarina. *Lat Amer Jour of Telehealth*. 1(3), 364-377.
- Yeager, D. (2015). Imaging Informatics: DICOM Dose Tracking. *Radiol Today*. 16(8), 32. <https://www.radiologytoday.net/archive/rt0815p32.shtml>.