

UMA PROPOSTA DE USO DA CODIFICAÇÃO ROI NO PADRÃO DICOM (DIGITAL IMAGING AND COMMUNICATIONS IN MEDICINE)

Efraina Gladys Cutipa Arapa – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - Unicamp
Yuzo Iano – Universidade Estadual de Campinas - FCM/Unicamp

RESUMO: Hoje em dia em muitos centros médicos, cada ator participante na criação e manejo de imagens médicas está interconectado aos outros por meio de um PACS (Picture Archiving Communication System). Um sistema PACS é uma rede para a troca e armazenamento de imagens médicas digitais, muito difundidas na área de radiologia [DREYER, 2006]. Esse sistema pode se associar a outros, tais como HIS (Hospital Information Systems) [PRYOR, 2007] ou RIS (Radiology Information Systems) [SMITH, 2006]. Para que esse sistema funcione eficientemente é necessário definir um padrão para o formato de arquivos e para as instâncias de comunicação envolvidas. Assim, em 1993 surge DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Esse formato padrão está baseado em objetos, onde cada “entidade” é tratada como objeto de informação e cada “função” como classe de serviço. Essas características do DICOM facilitam a implementação da funcionalidade requerida. No presente artigo abordam-se aspectos relevantes do DICOM, pondo-se ênfase na sua codificação, compressão e armazenamento de dados. De acordo com as considerações feitas, propõe-se um modelo de codificação ROI. Visa-se melhorar a compressão de imagens, diminuir o tamanho da memória de armazenamento e assim facilitar a transmissão de imagens via rede.

ABSTRACT: Today, in many medical centers, each actor involved in the creation and management of medical images is interconnected to the others by means of a PACS (Picture Archiving Communication System). A PACS system is a network for exchange and storage of digital medical images, widespread in radiology [DREYER, 2006]. That system is able to associate with other systems such as, HIS (Hospital Information Systems) [PRYOR, 2007] or RIS (Radiology Information Systems) [SMITH, 2006]. Besides, it is necessary to establish a standard format file and the instances of communication in order to the system working efficiently. In this context, DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) appears in 1993. This standard format is based on objects, where each “entity” is treated as an object of information and each “function” as a class of service. These features of DICOM facilitate only implementation of the required functionality. Thus, relevant aspects of DICOM, such as coding, compression and data storage are presented in this article approaches. According to this, we propose a model for improving ROI coding, image compression, and storage size for easy transmission of images via network.

PALAVRAS-CHAVE:
DICOM, imagem digital, região de interesse, PACS.

KEYWORDS:
DICOM, digital image, region of interest, PACS.

Artigo Original
Recebido em: 01/04/2012
Avaliado em: 14/02/2014
Publicado em: 17/06/2014

Publicação
Anhanguera Educacional Ltda.

Coordenação
Instituto de Pesquisas Aplicadas e
Desenvolvimento Educacional - IPADE

Correspondência
Sistema Anhanguera de
Revistas Eletrônicas - SARE
rc.ipade@anhanguera.com

1. OBJETIVOS DO TRABALHO

- Fazer uma análise da estrutura do formato padrão DICOM, com a finalidade de melhorar alguns aspectos relacionados ao mundo da informática.
 - Propor uma codificação ROI como uma alternativa para aperfeiçoar a compressão [SALOMON, 2007], armazenar imagens médicas [CHRISTINE, 2008] para uma transmissão eficiente e troca de dados médicos [DOUGHERTY, 2009] via PACS.
-

2. METODOLOGIA

Trata-se de um trabalho de análise da estrutura do DICOM de um ponto de vista informático. A finalidade é aplicar alguma outra ferramenta que possa otimizar o processamento pelo qual passa uma imagem médica no formato DICOM antes da sua transmissão via rede.

3. INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da diversidade de equipamentos de imagens médicas, surge a necessidade de se ter um padrão para conexão e troca de informações entre aparelhos médicos. Assim, surge em 1993 o padrão DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) [DICOM, 2003][OLEG, 2008] que, é o formato padrão para transferência de imagens e outras informações médicas entre computadores mediante os PACS [SAMEI, 2004]. O sistema permite uma comunicação digital entre os equipamentos de diagnóstico de vários fabricantes.

Como resultado, tem-se:

- Imagens médicas capturadas, consultadas e transmitidas mais rapidamente;
- Qualidade e consistência na apresentação de imagens;
- Diminuição dos custos ao se fazer o diagnóstico em outra localidade.

Devido à rápida evolução das redes de computadores e dos sistemas de comunicação, o padrão DICOM 3.0 evoluiu a partir de versões 1.0(1993) e 2.0(1998). Foram então adotados métodos orientados a objetos para o desenvolvimento da nova versão (PRIOR, 2001). Ele define, entre outros aspectos:

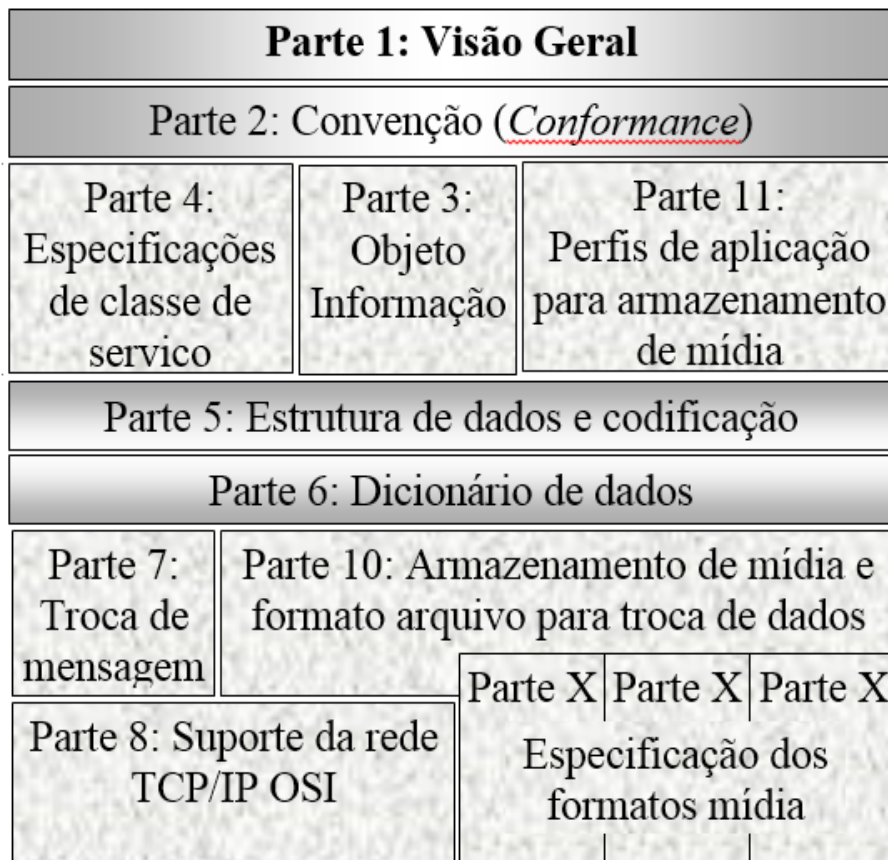
- Estrutura de dados para imagens médicas e informações relacionadas;
- Serviços relacionados à comunicação:
 - Transmissão e persistência de objetos completos (como imagens);
 - Consulta e recuperação de imagens em uma base de dados;
- Formatos para armazenamento das informações [DICOM, 2008] entre outros.

4. ASPECTOS RELEVANTES ASSOCIADOS AO DICOM

4.1. DICOM

- Formato padrão orientado a objetos usando um modelo entidade-relação;
- Cada entidade é identificada com uma classe. Além disso, cada instância é um objeto e é definido por um conjunto de atributos.

4.2. Partes do DICOM [NEMA Part. 2, 2008]



5. ESTRUTURA DO ARQUIVO DICOM

5.1. Definição do objeto de informação [NEMA Part.3, 2008]

O padrão apresenta dois tipos de classe objeto informação: normalizado e composto.

- **Classe objeto informação normalizado:** Contém somente uma entidade de informação (*Entity Information-IE*). Por exemplo, SCs (*service of class*) de gerenciamento.
- **Classe objeto informação composto:** Contem duas ou mais IEs.

A Figura 2 apresenta um IOD (*Information Object Definition*) de imagem composto.

5.2. Conjunto de dados [NEMA Part.5, 2008]

Representa uma instância de um objeto de informação, construída com elementos de dados (atributos) ordenados. Os dados contêm os valores dos atributos desse objeto. O conteúdo dos atributos é especificado nas definições de objetos de informação. A Figura 3 mostra a estrutura geral de um conjunto de dados e a estrutura de cada elemento. Os elementos dentro de um conjunto de dados são classificados em ordem crescente de número da etiqueta.

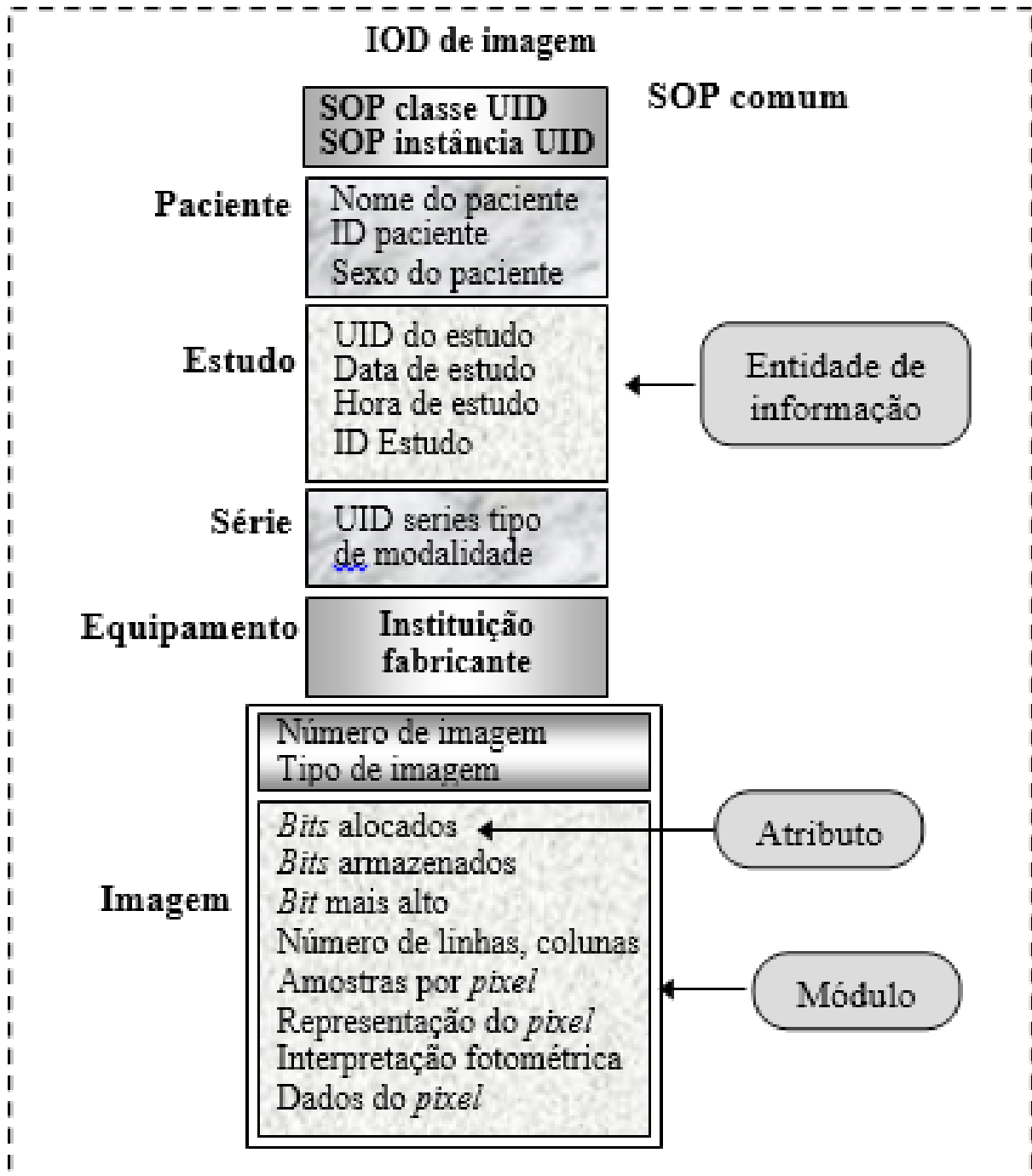


Figura 2 – Exemplo de uma IOD de imagem composto.

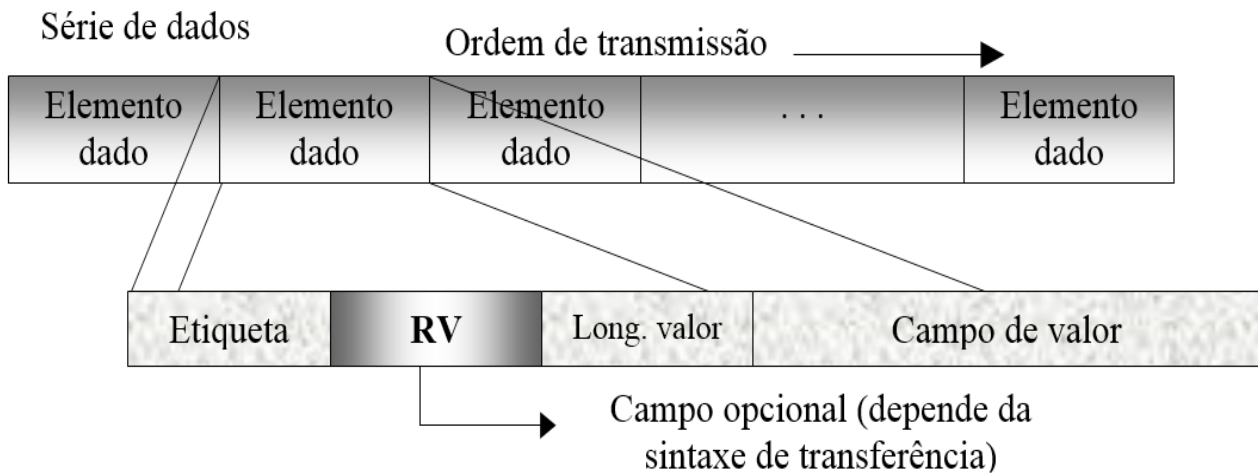


Figura 3 – Estrutura de um conjunto de dados e de um elemento de dados.

Representação do valor (RV): seqüência de caracteres de dois bytes que contem o código que define o tipo e o formato do valor ou valores do elemento de dado;

Longitude de valor: número que indica a longitude que tem o campo “valor”;

Campo valor: valor (ou valores) do elemento.

5.3. Modelo de um IOD composto

Uma instância de imagem DICOM possui quatro níveis distintos IE (*Entity Information-IE*) e estão relacionados com os procedimentos de diagnóstico adotados pelo médico. Esses são: Nível do paciente, do estudo, da série e da imagem [NEMA Part.4; 2008]. A Figura 4 mostra a relação existente entre os níveis no procedimento médico de diagnóstico.

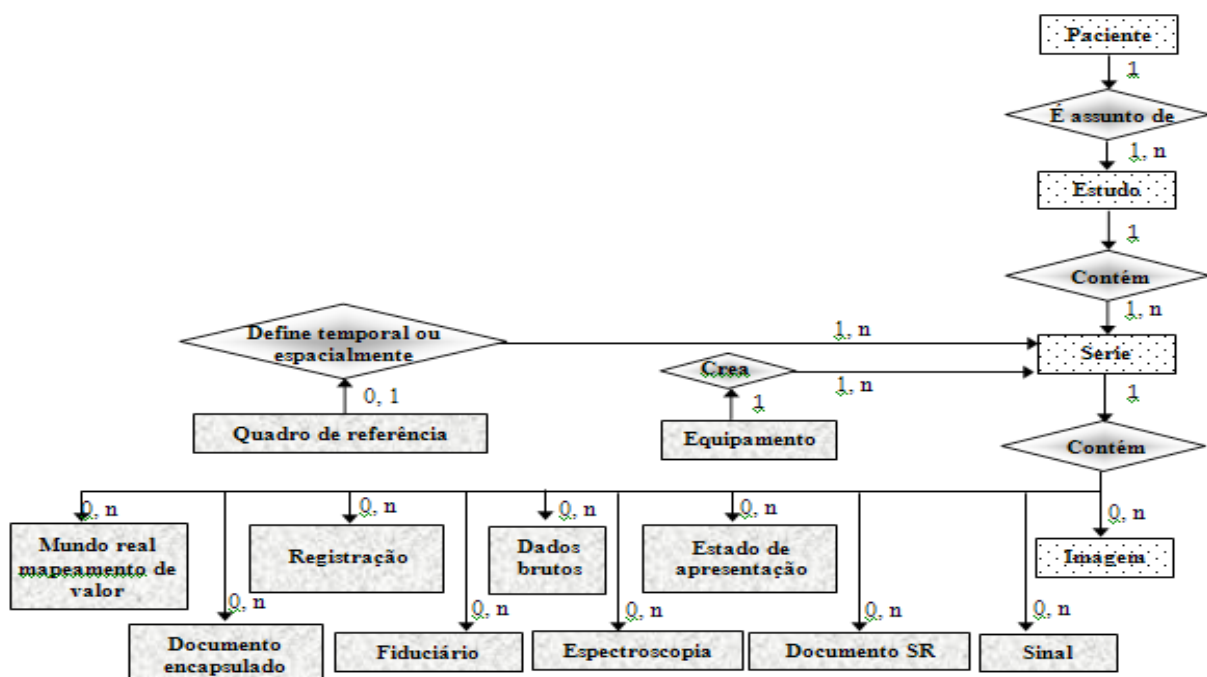


Figura 4 – Modelo de informação DICOM para uma instância composta.

1. Paciente: Contém as informações do paciente relativo ao estudo feito. A Tabela 1 mostra alguns atributos do módulo “Paciente”.

Tabela 1 - Alguns atributos do módulo paciente.

Nome do atributo	Rótulo	Tipo	Descrição do atributo
Nome paciente	(0010, 0010)	2	Nome completo do paciente.
ID paciente	(0010, 0020)	2	Nº identificação do hospital.
ID emissor	(0010, 0021)	3	ID da pessoa que emitiu o arquivo. identificação do paciente.
Data de nascimento	(0010, 0030)	2	Data de nascimento do paciente.
Sexo	(0010, 0040)	2	Sexo do paciente.

2. Estudo: resultado da realização de um exame por uma determinada modalidade (US- *Ultrasound*, CT-*Computed Tomography*, MRI-*Magnetic Resonance Imaging*, SPECT-*Single Photon Emission Computed Tomography*, PET-*Positron Emission Tomography*). Todas as imagens coletadas em um exame são colocadas no mesmo estudo.

3. Série: identificam o tipo de dispositivo que cria as imagens, data, hora da criação da série, os detalhes do tipo de exame feito e do equipamento utilizado. As séries sempre são uma coleção de imagens que vêm de um único dispositivo. A forma em que as imagens são agrupadas em séries depende do uso médico que se lhe vai dar.

4. Imagem: Cada imagem contém a aquisição de informação, posicionamento e os próprios dados para uma única imagem.

A Tabela 2 lista os componentes que descrevem um objeto imagem de CT (*Computed Tomography*). Além de isso, define-se se os módulos são de preenchimento obrigatório (M), condicional (C) ou opcional (U).

Tabela 2 – Módulo de IOD, em uma imagem de CT.

IE	Módulo	Referência	Uso
Paciente	Paciente	c.7.1.1	M
	Participantes nos ensaios clínicos	c.7.1.3	U
Estudo	Estudo geral	c.7.2.1	M
	Estudo do paciente	c.7.2.2	U
	Estudo do ensaio clínico	c.7.2.3	U

Série	Série geral	c.7.3.1	M
	Series dos ensaios clínicos	c.7.3.2	U
Quadro Referência	Quadro referência	c.7.4.1	M
Equipe	Equipe geral	c.7.5.1	M
	Imagem geral	c.7.6.1	M
Imagem	Plano da imagem	c.7.6.2	M
	Pixel da imagem	c.7.6.3	M
	Contraste	c.7.6.4	M
	Dispositivo	c.7.6.12	U
	Imagem CT	c.8.2.1	M
	Plano de sobreposição	c.9.2	U
	FOV (Field Of Vision)	c.11.2	U
	Comum SOP (Service Object Pair)	c.12.1	M

6. COMPRESSÃO DE DADOS EM DICOM

O padrão DICOM desempenha um papel dominante na área de imagens médicas. O objetivo principal desta seção é mostrar como o DICOM integra o uso de compressão de imagem, e também apresentar abordagens gerais relativas à compressão fornecida pela ISSO [ISSO, 1989].

6.1. Codificadores DICOM recomendadas

O padrão encapsula imagens comprimidas através de codificadores padronizados dentro da sua estrutura, garantindo assim a modularidade. Uma vez que as imagens médicas estão vinculadas ao formato padrão, a maneira pela qual elas são armazenadas e transmitidas é coberto pelo arquivamento de imagens e sistemas de comunicação PACS (*Picture Archiving Communications System*) [SAMEI, 2004], [HUANG, 2004]. O padrão DICOM não suporta todas as características de codificadores padronizados. Além disso, não especifica nem recomenda as condições de compressão com perdas que devem ser usadas. Os codificadores atualmente suportados no padrão DICOM são:

- JPEG [TINKU, 2005][SCHELKENS, 2009], conhecido como um padrão de compressão e codificador de imagens estáticas. O formato padrão DICOM eventualmente apresenta três características de sintaxe principais, mostradas na Tabela 3. São elas:

- A primeira corresponde ao modo *baseline*, aplicada a imagens com 8 *bits* e com perdas. Usa codificação *Huffman*.
- A segunda corresponde ao modo JPEG2 e 4, conhecida como “estendida”, com perdas, aplicada a imagens de 8 e 12 *bits*.
- A terceira corresponde ao modo JPEG 14, sem perdas, baseada no método DPCM com codificação *Huffman*.

Tabela 3 – Sintaxe de transferência do padrão JPEG.

Sintaxe de transferência UID	Processo de codificação JPEG	Descrição
1.2.840.10008.1.2.4.50	1	“baseline”, com perdas.
1.2.840.10008.1.2.4.51	2 (8 bits), 4 (12 bits)	“extended”, com perdas.
1.2.840.10008.1.2.4.57	14	Sem perdas, não hierárquica.

- PEG-LS, para compressão sem perdas baseado no codificador LOCO [WEINBERGER, 1996][SEROUSSI, 1996].
- JPEG *Baseline* para uma compressão com perda. Implementado em DCT com quantização escalar e codificação *Huffman*.
- MPEG-2, para compressão de imagens *multi-frame*.

6.2. Carregamento dos arquivos DICOM

As imagens médicas têm mais parâmetros que as imagens comuns. DICOM tem quatro objetos importantes: paciente, estudo, série e imagem [RAQUEL, 2001][DICK, 1997][LEVIGNE, 1999][RUMBAUGH, 1991][BIGOOD, 1997].

Antes do carregamento dos arquivos, têm-se parâmetros que devem ser conhecidos [DICOM, 2004]. Entre esses, destaca-se o UID (*Unique Identifier*).

7. DESCRIÇÃO TECNOLÓGICA DO DICOM

O padrão DICOM consiste de várias camadas em relação ao modelo de rede ISO OSI [GROSSI, 2006]. DICOM é independente da camada física porque ele não define uma conexão física. O ULP (*Upper Layer Protocol*) é definido dentro do padrão DICOM. Esse é um protocolo abstrato que define o encapsulamento da data e é superior ao nível cinco do modelo ISO OSI. DICOM serve para padronizar dados associados a imagens médicas visando uma fácil troca de dados via rede. Esse padrão define serviços orientados a rede para transferir imagens. Além disso, define o formato do meio para troca de dados, a gestão do fluxo de trabalho, bem como requisitos de conformação de dispositivos e programas.

8. COMPRESSÃO DICOM COM CODIFICAÇÃO ROI

O objetivo da codificação ROI [STROM, 1997][CHRISTOPOULOS, 2000][LIU, 2004] [AGRAFIOTIS, 2003] é o de preservar a qualidade diagnóstica de regiões críticas, permitindo codificação com perdas em outras regiões não importantes (*Back Ground*). A Figura 5 apresenta um diagrama de fluxo para compressão da ROI. A Figura 6 mostra uma imagem MRI como resultado da compressão com codificação ROI.

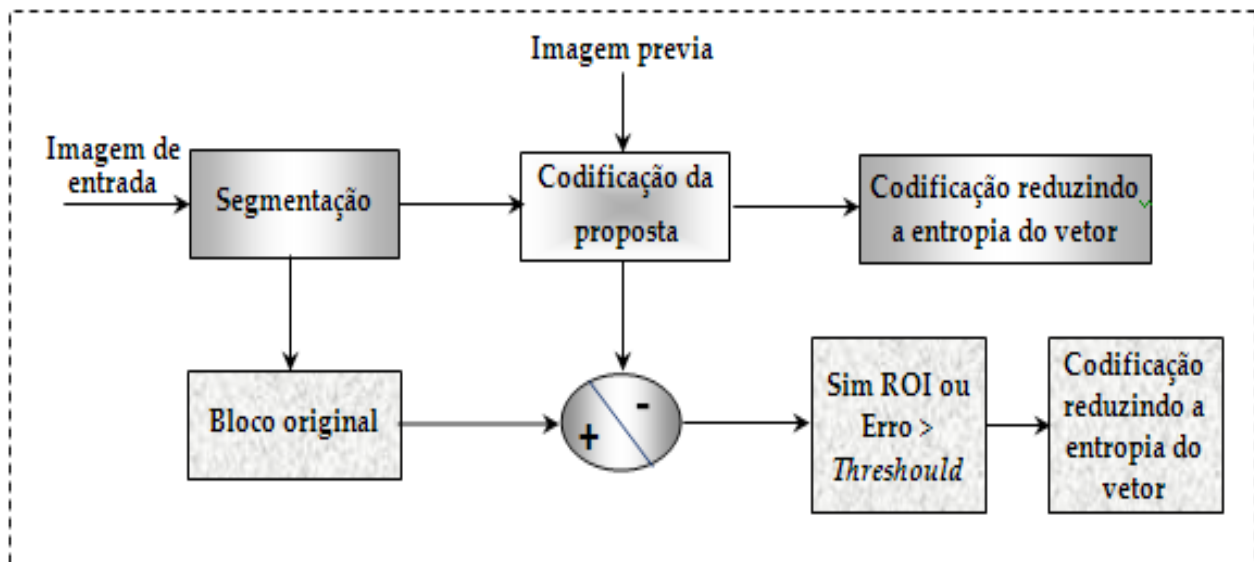


Figura 5 – Diagrama de fluxo para compressão de ROI.

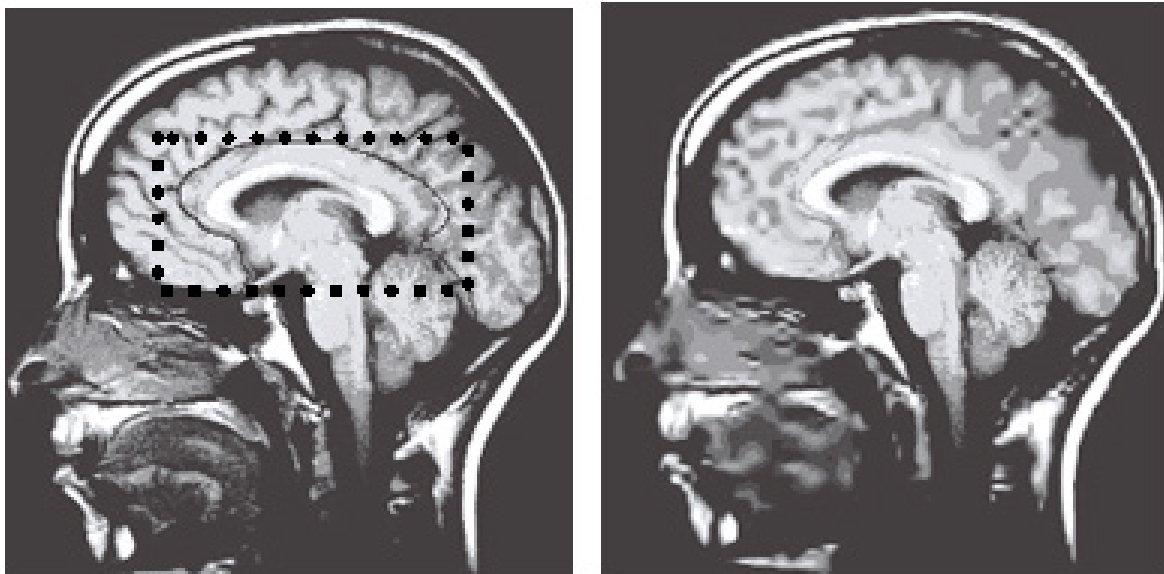


Figura 6 – a) MRI original do cérebro com ROI; b) Imagem comprimida reforçada com codificação ROI.

8.1. SPIHT na compressão de DICOM

SPIHT [SAID, 1996] é um codificador de transmissão progressiva que produz um fluxo de *bits* embutidos. Esse esquema trabalha sobre o princípio de relação espacial entre os

coeficientes *wavelet* em diferentes níveis e frequências de sub-bandas na estrutura piramidal da decomposição *wavelet*. Se um dado coeficiente é significativo em magnitude, então algum de seus descendentes provavelmente será significativo em magnitude. O algoritmo SPIHT possui a vantagem da similaridade espacial do espaço *wavelet* para encontrar a localização dos coeficientes *wavelet* significantes por meio do algoritmo de busca binária. A Figura 7 mostra o processo de compressão. A área TSUI (*Transfer Syntax Unique Identification*) do DICOM é modificada para indicar que a imagem é comprimida usando-se SPIHT. A decomposição *wavelet* 2-D [STOLLNITS, 1992][FARIA, 1997] é aplicada a imagem em questão. A *wavelet* biortogonal [SELDENS, 1998] é usada para a decomposição *wavelet* [ANTONINI, 1992]. SPIHT vai produzir uma sucessão de *bits*, cuja saída é um *string* de 0's e 1's.

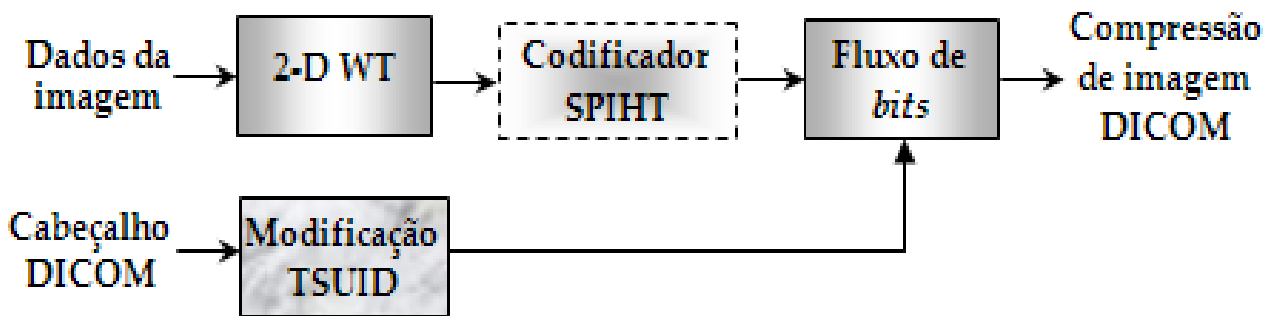


Figura 7 – Compressão de imagem DICOM.

Durante a transmissão, o cabeçalho do DICOM [GULD, 2002] e os dados da imagem são primeiro separados da compressão de imagem DICOM. O cabeçalho é transmitido primeiro, seguido pelo fluxo de *bits*. Baseado no TSUI, o método de compressão é identificado. Como o fluxo de *bits* está sendo recebido, esse é decodificado pelo decodificador SPIHT. Então, a reconstrução *wavelet* é aplicada para se obter uma imagem reconstruída. A qualidade da imagem depende do número de *bits* recebidos e decodificados pelo SPIHT. A Figura 8 mostra o processo de reconstrução da imagem.

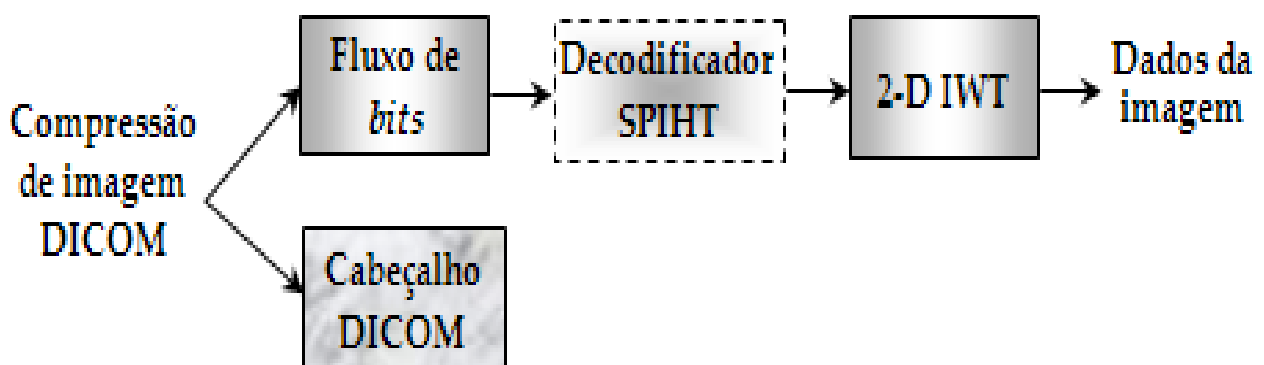


Figura 8 – Reconstrução de imagem DICOM.

9. RESULTADOS

Como se pode observar, o formato padrão DICOM apresenta uma estrutura muito eficiente. Cada subgrupo de trabalho é responsável por diferentes áreas. Apesar disso, o padrão tem algumas desvantagens. Por exemplo:

1. Saturação de todos os campos com o dado [SELDENS, 1998];
2. Diferentes equipes usam intervalos de amplitudes diferentes, ainda que seja o mesmo número de *bits* alocados. Nesse caso, a imagem pode ser exibida como uma imagem *underexposed* ou uma *overexposed* com contraste pobre. Essa desvantagem pode ser superada ajustando-se os parâmetros manualmente.
3. A aplicação da codificação ROI facilita uma transmissão progressiva das imagens DICOM [NEMA Part. 8, 2008][BARBARIES, 2008].
4. As imagens podem ser reconstruídas com uma alta resolução, permitindo uma visualização da imagem inteira com menos perda de informação. Além disso, consome-se menos largura de banda e o tempo de transmissão via PACS se reduz.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo fornece uma visão resumida do padrão DICOM. Como se pode observar, dentre os codificadores considerados no DICOM, a codificação ROI é desconhecida. No entanto, a codificação ROI é uma boa ferramenta para ser aplicada no mencionado padrão. Em vista de que preserva a qualidade da imagem, é eficaz na compressão de imagem médicas facilitando a transmissão de informação via uma rede médica, por meio dos PACS [BARDRAM, 2003].

REFERÊNCIAS

- ANTONINI, M. Barlaud, P. Mathieu e I. Daubechies, "Image Coding Using wavelet Transform". IEEE Trans. on Image Processing , vol. 1, no. 2, Apr.1992
- AGRAFIOTIS D., BULL D.R. and CANAGARAJAH N.; "ROI coding of volumetric medical images with application to visualisation," in Proc. 3rd Int. Symp. Image and Signal Processing and Analysis, Rome, p. 217, Sept. 2003.
- BARBERIS L.S. Graffigna J.P. Lucena F. Módulo de comunicación DICOM para librerías y procesamiento de imágenes médicas (Bioingeniería). Gabinete de Tecnología Médica, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. 2008.
- BARDRAM, J.E. Hospitals of the future - ubiquitous computing support for medical work in hospital, The 2nd international workshop on ubiquitous computing for pervasive healthcare applications - UbiHealth 2003, Seattle, Washington, USA, 2003.
- BIDGOOD WD Jr.; HORI SC; PRIOR FW and VAN SYCKLE .
Understanding and Using DICOM, The Data Interchange Standard For Biomedical Imaging. Journal American Medical Informatics Association, 1997, 4(3): 199-212.

- CHRISTOPOULOS, C. "JPEG2000 verification model 7.0 ". ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 WGINI684, Apr.25, 2000.
- CHRISTINE C. M. Compression of Biomedical Images and Signals France; Lavoisier, ©2008.
- DICK, R. STEEN, E. and DETMER, D. The Computer – Based Patient Record. Committee On Improving The Patient Record – Institute Of Medicine – National Academy Press, Washington, D.C., 1997.
- DICOM Standard. School of Psychology, University of Nottingham, University Park, Nottingham, NG7 2RD, UK,2003.
- DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), Parte5, Part 6. National Electrical Manufacturers Association -2004.
- DREYER K.J.; HIRSCHORN D.S.; THRALL J.H.; MEHTA A. (Ed): PACS A Guide to Digital Revolution. Second Edition. Ed. Springer 2006 ISBN 13:978-0387-26010-5.
- DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), NEMA Publications, "DICOM strategic document", Ver. 8.0, April 2008, available at: <http://medical.nema.org/dicom/geninfo/Strategy.pdf>
- DOUGHERTY G., Digital Image Processing for Medical Applications Cambridge, ©2009.
- FARIA, R. R. A. Wavelets e as artes multirresolucionárias. (s.l.:s.n.,1997?). Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/~regis/wlets.html>>.
- GULD M. O., KOHNEN M., KEYSERS D., SCHUBERT H., WEIN B.B, BREDNO J., LEHMANN T.M., "Quality of DICOM header information for image categorization", Proceedings of SPIE, Vol. 4685, Medical Imaging 2002: PACS and Integrated Medical Information Systems, May 2002, pag. 280-287.
- GROSSI S. Graffigna J.P. Romo R. Servidor Virtual DICOM. Anales JAIIO Vol.35. Subserie SIS Vol.9 ISSN 1850-2776/1850-2822.Septiembre 2006.
- HUANG H.K, D. Sc, FRCR(Hon); PACS and Imaging Informatics Basic Principles and Applications. New Jersey, Wiley 2004.
- ISO (International Organization for Standardization), 7498-1: Information Processing Systems- Open systems Interconnection – Basic Reference Model. 1989.
- LIU C., XIA T. and LI H.; "ROI and FOI algorithms for wavelet-based video compression," in Proc. 5th Pacific Rim Conf. Multimedia, Tokyo, p.p 241, Nov. 2004.
- LEVIGNE B. MEISSNER MC and MUN Sk. Is Adoption Of Standards Enough: Examples of ACR-Nema Interface Implementations? Online: Georgetown University, Department of Radiology, 1999.
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Part 3: Information Object Definitions. Em: Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Standard. Draft Versão 2008.
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Part 5: Data Structures and Encoding. Em : Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Standard. Draft Versão 2008.
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Part 4:Service Class Specifications. Em: Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Standard. Draft Versão 2008.
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Part 2: Conformance. Em: Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Standard. Draft Versão 2008.
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Part 8: Network Communication Support for Message Exchange. Em: Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Standard. Draft Versão 2008.
- OLEG S.P. Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) A Practical Introduction and Survival Guide. Ed: Springer ISBN 978-3-540-74570-9, 2008.
- PRYOR T.A.; Hospital Information Systems: Their Function and State. En: Bronzino D.J. (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Second Edition. Volume II. CRC Press, IEEE Press Cap 175.

2007.

RUMBAUGH, J.; BLAHA, M.; PREMERLANI, W.; Eddy, F. and LORENSEN, W. *Object-Oriented Modeling and Design*, New York, Prentice Hall, 1991.

RAQUEL K.S., GERSON L.B.; "Components Proposal for Medical Images and HIS", *Proceeding of the Fourteenth IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*, Pag. 73, 2001, ISSN: 1063-7125.

STOLLNITS, E. J.; DEROSE, T. D.; SALESIN, D. H. *Wavelets for computer graphics theory and applications*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1996

SEROUSSI G., WEINBERGER M.J. and SAPIRO G.; "Loco-I: A Low Complexity, Context-Based, Lossless Image Compression Algorithm," *In Data Compression Conference (DCC)*, pp. 140-149, 1996.

SAID A. and W.A. PERLMAN, "A new, fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans Med. Imaging*, vol. 6, No. 3, pp. 243-250, 1996.

STROM, J.; COSMAN, P. *Medical Image Compression with Lossless Regions of Interest*, *Signal Processing*, Volume 59, Number 2., June 1997.

SELDENS W., *SIAM J.; Math. Anal.* 29, 511. 1998.

SAMEI, E.; SEIBERT, J.A.; ANDRIOLE, K. et al., *AAPM/RSNA tutorial on equipment selection: PACS equipment overview general guidelines for purchasing and acceptance testing of PACS equipment*. *Radiographics*, vol. 24, p.313-334, 2004.

SALOMON D. , *Data Compression* London; Springer, ©2007.

SCHELKENS P., SKODRAS A., EBRAHIMI T.; *The JPEG200 Suite* Wiley,© 2009.

SMITH G. *Introduction to RIS and PACS* Ed: Dreyer K.J. Hirschorn D.S. Thrall J.H. Mehta A. (Ed.) : *PACS A Guide to the Digital Revolution*. Second Edition. Ed. Springer 2006, Cap 2.

TINKU A., PING SING T.; *JPEG2000 Standard for Image Compression Concepts, Algorithms and VLSI Architectures*; New Jersey; Wiley, ©2005.

WEINBERGER M.J, SEROUSSI G, SAPIRO G.; *LOCO-I: A Low Complexity, Context-Based, Lossless Image Compression Algorithm*. In: Storer J, Cohn M, editors. *Proceedings of the IEEE Data Compression Conference*. IEEE Computer Society Press, 1996:140-149.