



Raquel Kolitski Stasiu

Proposta de um modelo de objetos para informações armazenadas em arquivos DICOM

Dissertação apresentada à Pontifícia
Universidade Católica do Paraná para a
obtenção do título de Mestre em
Informática Aplicada.

Curitiba
2000

Stasiu, Raquel Kolitski

Modelo de objetos para informações armazenadas em arquivos
DICOM. Curitiba, 2000.
169p.

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
Departamento de Informática.

1.Sistemas de Informação Hospitalar 2.Integração de imagens médicas
com prontuário do paciente 3.Modelo de objetos 4.Padrão DICOM 5. Imagens
médicas. I.Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências
Exatas e de Tecnologia. Departamento de Informática II.t



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE EXAME DE DISSERTAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA APLICADA DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ.

Exame de dissertação nº 018

Aos 11 dias do mês de fevereiro de 2000, realizou-se a sessão pública de defesa de dissertação **“PROPOSTA DE UM MODELO DE OBJETOS PARA INFORMAÇÕES ARMAZENADAS EM ARQUIVOS DICOM”**, apresentada por Raquel Kolitski Stasiu, ano de ingresso 1997, para obtenção do título de Mestre em Ciências. A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes professores:

MEMBROS DA BANCA	ASSINATURA
Presidente: Prof. Dr. Gerson Linck Bichinho (PUCPR)	
Prof. Dr. Edson Scalabrin (PUCPR)	
Prof. Dr. Sergio Furuie (INCOR-SP)	
Prof. Dr. Jorge Muniz Barreto (UFSC)	

De acordo com as normas regimentais a Banca Examinadora deliberou sobre os conceitos a serem atribuídos e que foram os seguintes:

MEMBROS DA BANCA	CONCEITOS
Presidente: Prof. Dr. Gerson Linck Bichinho (PUCPR)	APROVADO
Prof. Dr. Edson Scalabrin (PUCPR)	APROVADO
Prof. Dr. Sergio Furuie (INCOR-SP)	APROVADA
Prof. Dr. Jorge Muniz Barreto (UFSC)	APROVADA
Conceito Final	APROVADA

Observações da Banca Examinadora

Profº Júlio Cesar Nievola
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada-PUC-PR



"Vencer não é competir com o outro. É derrotar os seus inimigos interiores. É a própria realização do ser."

(anônimo)

"É impossível avaliar a força que possuímos sem medir o tamanho do obstáculo que ela pode vencer, nem o valor de uma ação sem sabermos o sacrifício que ela comporta."

(anônimo)

Agradecimentos

A Deus.

À minha família, pelo apoio incondicional e incentivo.

Aos colegas de trabalho do CEPRO, pela compreensão e apoio.

Ao orientador deste trabalho, pelas sugestões e contribuições.

Aos colegas e professores do mestrado, pelas sugestões e críticas que aprimoraram o resultado final deste trabalho.

Aos funcionários e professores colegas da PUC-PR, pelo companheirismo e apoio demonstrados.

Aos médicos colaboradores pelas orientações e esclarecimentos das dúvidas sobre a prática médica e o diagnóstico clínico.

Aos amigos e todos aqueles que colaboraram com a realização deste trabalho, seja com informações técnicas, ou não, sugestões, críticas, apoio moral e incentivo, compreensão da ausência e das oscilações de humor...

Em especial, gostaria de agradecer: Profa. Claudia e Prof. João Dias, Rodrigo Hammerschmidt (PUC), Dr. Roberto (HC) e Dr. Heraldo (HUC), Dra. Mônica, Guilherme, Renata, Orlei e Luciana (mestrado), Ariberto, José Marcos e Patrícia (CEFET).

Muito obrigada!

"Sem trevas não há sonhos."
(Karla Kuban)

Publicações

- [1] Stasiu, Raquel K.; Bichinho, Gerson L., Abrahão, Maria Tereza. *Hospital Information Systems for the Radiology Department*, 15 a 18/fev/99, XVII IASTED International Conference on Applied Informatics, ACTA Press, pg. 145-147, 1999, Innsbruck, Austria.

- [2] Stasiu, Raquel K.; Vilar, Guilherme, Dias, Ronaldo C.. *Network Infrastructure for Information Systems of Oncology Clinics*, 15 a 18/fev/99, XVII IASTED International Conference on Applied Informatics, ACTA Press, pg. 551-554, 1999, Innsbruck, Austria.

Sumário

Agradecimentos	iii
Publicações	iv
Sumário	v
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	x
Lista de Abreviações	xi
Resumo	xiii
Abstract	xiv

Capítulo 1

Introdução	1
1.1 Sistema de Informação Hospitalar e prontuário médico	2
1.2 Objetivo	5
1.3 Interesse da tecnologia de objetos no SIH	5
1.4 Contribuições	9
1.5 Plano da dissertação	10

Capítulo 2

Estado da arte do SIH	12
2.1 Ambiente hospitalar	12
2.1.1 Sistema de Informação Hospitalar (SIH)	16

2.1.2 Setor de Diagnóstico por Imagem (SDI)	16
2.1.3 Integração entre sistemas.....	20
2.2 Projetos que usam DICOM.....	28
2.2.1 Projeto CPR.....	28
2.2.2 Projeto MIMOSA.....	28
2.2.3 PACS do Hospital Universitário de Genebra.....	29
2.2.4 Projeto TeleMed	30
2.2.5 Projeto DICAS.....	30
2.2.6 Projeto DICOM <i>tool kit</i>	30
2.2.7 Projeto ARTEMIS	31
2.2.8 Projeto MINDscape	31
2.2.9 Projeto PACS-web.....	32
2.2.10 Projeto RIS/DR.....	32

Capítulo 3

Fundamentação teórica	33
3.1 Padrão DICOM.....	33
3.1.1 Histórico	34
3.1.2 Estrutura do padrão DICOM.....	35
3.1.3 Visão geral do padrão DICOM.....	37
3.1.4 Sistema de identificação do DICOM.....	41
3.1.5 Modelo de Informação DICOM	42
3.2 Imagens médicas em arquivos DICOM.....	49
3.2.1 Estrutura do arquivo DICOM.....	50
3.3 Paradigma de objetos	54
3.3.1 Conceitos	54
3.3.2 Modelagem de sistemas	59
3.3.3 Componentes e objetos.....	66
3.3.4 Objetos distribuídos e CORBA.....	69

Capítulo 4

Metodologia de desenvolvimento do modelo proposto	76
4.1 Desenvolvimento do trabalho.....	77
4.2 Recuperação de informações em arquivos DICOM.....	78

4.3 Módulos do DICOM abordados no modelo proposto	79
4.4 Modelo proposto.....	81

Capítulo 5

Resultados	86
5.1 Conteúdo dos arquivos DICOM.....	86
5.2 Modelo de objetos proposto.....	89
5.2.1 Módulo Paciente.....	90
5.2.2 Módulo Estudo	91
5.2.3 Módulo Série	91
5.2.4 Módulo Procedimento	91
5.2.5 Módulo Imagem	93
5.2.6 Módulo Resultado	95
5.2.7 Visão geral do modelo proposto	96
5.3 Considerações gerais	99
5.4 Proposta de componentes	100

Capítulo 6

Discussão e conclusões	105
Referências Bibliográficas	110
Índice Remissivo	116

Anexo A

Atributos das Classes	119
A.1 Notação utilizada	119
A.2 Atributos das classes	120
A.2.1 Paciente.....	120
A.2.2 Estudo	121

A.2.3 Procedimento	122
A.2.4 Série	124
A.2.5 Imagem	125
A.2.6 Resultado	129

Anexo B

Modelo de Informação DICOM	131
B.1 Modelo de Informação DICOM original	131
B.2 Modelo de Informação DICOM estendido	137

Anexo C

Algoritmo	144
-----------------	-----

Anexo D

Módulos de Interpretação	147
--------------------------------	-----

Anexo E

Diagrama de Seqüência	150
-----------------------------	-----

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Exemplo de arquitetura de um ambiente hospitalar	14
Figura 2.2 - Arquitetura geral de um sistema PACS.....	18
Figura 3.1 - Principais Estruturas do Modelo de Informação DICOM.....	43
Figura 3.2 - Conjunto básico de atributos para uma instância de uma imagem armazenada em um arquivo	53
Figura 3.3 - Exemplo de aplicação dos conceitos da tecnologia de objetos	59
Figura 3.4 - Enfoque baseado em sistema <i>versus</i> enfoque baseado em objeto	60
Figura 3.5 - Estrutura geral da arquitetura CORBA.....	71
Figura 4.1 - Visão macro dos relacionamentos entre as entidades que compõem o eixo principal abordado neste trabalho.....	84
Figura 5.1 – Imagem no formato DICOM apresentada pelo visualizador Osiris	87
Figura 5.2 – Informações recuperadas através do sistema implementado.	88
Figura 5.3 – Representação ilustrativa do conteúdo de arquivos no formato DICOM.	89
Figura 5.4 - Representação do módulo Procedimento do modelo proposto.....	93
Figura 5.5 - Representação do módulo da Imagem do modelo proposto.....	94
Figura 5.6 - Representação do módulo Resultado do modelo proposto.....	96
Figura 5.7 – Representação do modelo proposto completo.....	98
Figura 5.8 - Cenário do componente Resultado.....	102
Figura 5.9 - Interface das classes do componente laudo	103
Figura B.1 - Modelo de Informação DICOM original.....	132
Figura B.2 - Modelo de Informação estendido do padrão DICOM.....	140
Figura B.3 - Relacionamento entre o Modelo de Informação original do padrão DICOM e o modelo estendido	143

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Módulos que especificam gerenciamento do paciente.	45
Tabela 3.2 – Módulos que especificam gerenciamento da visita do paciente.	45
Tabela 3.3 – Módulos que especificam gerenciamento do estudo.	46
Tabela 3.4 – Módulos que especificam gerenciamento do resultado.....	48
Tabela 3.5 – Módulos que especificam gerenciamento da interpretação.....	48
Tabela 3.6 – Notação padrão UML.....	62
Tabela 4.1 - Módulos relacionados com o IOD de imagem para as modalidades especificadas (CR, CT e MR).	80

Lista de Abreviações

ACR-NEMA – *American College of Radiology – National Electrical Manufacturers Association*

ADT – *Admission, Discharge, Transfer*

ATM – *Asynchronous Transfer Mode*

BD – *Banco de Dados*

CASE-OO – *Computed Aid Software Engineering – Object Oriented*

CEN/TC 251/PT3-022 – *European Standardisation Committee: Technical Committee for Healthcare, Project Team 22*

CIAS – *Clinical Image Access Service*

CID-10 – *Classificação Internacional de Doenças*

COM – *Common Object Model*

CORBA – *Common Object Request Broker Architecture*

CR – *Computerized Radiography*

CT – *Computerized Tomography*

DICOM – *Digital Imaging and Communication in Medicine*

DIMSE – *DICOM Message Service Elements*

DR – *Digital Radiography*

HIS – *Hospital Information System*

HL7 – *Health Level Seven*

HSM – *Hierarchical Storage Manager*

ICD-10 – *International Classification Diseases*

IDL – *Interface Definition Language*

IE – *Information Entity*

IMSIG – *Image Management Special Interest Group*

IOD – *Information Object Definition*

IOM – *Information Object Modules*

JIRA – *Japanese Industry Association for Radiation Apparatus*

LOINC – *Logical Observation Identifier Names and Codes*

LUT – *Look Up Table*
 MOM – *Message-Oriented Middleware*
 MPPS-SOP – *Modality Performed Procedure Step - Service Object Pair*
 MR – *Magnetic Resonance*
 NANDA – *North American Nursing Diagnosis Association*
 NLM – *National Library of Medicine*
 NM – *Nuclear Medicine*
 OMG – *Object Management Group*
 OMG-IDL – *Object Management Group – Interface Definition Language*
 OMT – *Object Modeling Technique*
 OOSE – *Object-Oriented Software Engineering*
 ORB – *Object Request Broker*
 OSI – *Open System Interconnection*
 PACS – *Picture Archiving and Communication Systems*
 RFP – *Requests for Proposals*
 RIS – *Radiology Information System*
 RPC – *Remote Procedure Call*
 SCP – *Service Class Provider*
 SCU – *Service Class User*
 SDI – *Setor de Diagnóstico por Imagem*
 SDM – *SNOMED DICOM Microglossary*
 SGML – *Standard Generalized Mark-up Language*
 SIH – *Sistema de Informação Hospitalar*
 SNOMED – *Systematized Nomenclature of Human and Veterinary Medicine*
 SOP – *Service Object Pair*
 SQL – *Standard Query Language*
 TCP-IP – *Transmission Control Protocol – Internet Protocol*
 UML – *Unified Modeling Language*
 UMLS – *Unified Medical Language System*
 US – *Ultrasound*

Resumo

O ambiente hospitalar apresenta características peculiares quando se trata de sistemas informatizados, cuja característica principal é a necessidade de acesso fácil à informação e a mudança constante nos procedimentos e atividades rotineiras, gerando informações distintas que precisam ser gerenciadas. Entre essas informações estão as imagens médicas que cada vez mais auxiliam o médico no processo terapêutico. Tais informações geralmente são controladas por sistemas distintos, que não interagem entre si.

Atualmente, existe a necessidade de integração entre os diversos sistemas dentro do hospital e que tal integração torna-se possível com a adoção de padrões. O padrão DICOM é um padrão para a área de imagens médicas. Os modernos equipamentos de aquisição de imagens apresentam interface DICOM, o que permite interoperabilidade entre os equipamentos e o armazenamento em arquivos no mesmo formato. Porém, é desejável que imagens e informações relacionadas estejam integradas ao sistema de informação do hospital.

Para desenvolver sistemas de informação que integrem dados referentes às imagens médicas com os demais dados do hospital, sem o desenvolvimento de interfaces que podem prejudicar a performance do sistema, é preciso incorporar tais características no próprio sistema de informação. A crescente tecnologia de componentes, permite o desenvolvimento de sistemas modularizados com as funcionalidades e vantagens atribuídas pela tecnologia de objetos.

Dessa forma, este trabalho apresenta um modelo de objetos que representa as informações contidas em arquivos DICOM, para criação de componentes de software que venham facilitar o desenvolvimento dos sistemas. O modelo resultou do estudo da especificação DICOM e da análise feita a partir da leitura dos arquivos, através do sistema implementado.

Resumo

O ambiente hospitalar apresenta características peculiares quando se trata de sistemas informatizados, cuja característica principal é a necessidade de acesso fácil à informação e a mudança constante nos procedimentos e atividades rotineiras, gerando informações distintas que precisam ser gerenciadas. Entre essas informações estão as imagens médicas que cada vez mais auxiliam o médico no processo terapêutico. Tais informações geralmente são controladas por sistemas distintos, que não interagem entre si.

Atualmente, existe a necessidade de integração entre os diversos sistemas dentro do hospital e que tal integração torna-se possível com a adoção de padrões. O padrão DICOM é um padrão para a área de imagens médicas. Os modernos equipamentos de aquisição de imagens apresentam interface DICOM, o que permite interoperabilidade entre os equipamentos e o armazenamento em arquivos no mesmo formato. Porém, é desejável que imagens e informações relacionadas estejam integradas ao sistema de informação do hospital.

Para desenvolver sistemas de informação que integrem dados referentes às imagens médicas com os demais dados do hospital, sem o desenvolvimento de interfaces que podem prejudicar a performance do sistema, é preciso incorporar tais características no próprio sistema de informação. A crescente tecnologia de componentes, permite o desenvolvimento de sistemas modularizados com as funcionalidades e vantagens atribuídas pela tecnologia de objetos.

Dessa forma, este trabalho apresenta um modelo de objetos que representa as informações contidas em arquivos DICOM, para criação de componentes de software que venham facilitar o desenvolvimento dos sistemas. O modelo resultou do estudo da especificação DICOM e da análise feita a partir da leitura dos arquivos, através do sistema implementado.

Abstract

The hospital environment presents specific characteristics when it develops computerized information systems, like the need to make easy access to the patient information and the constant change in the procedures and routine activities, results in different kind of information to be managed. The medical images are among these informations, which more and more aid the doctor in the therapeutic process. Such information is generally controlled by different systems, that non-work with each other.

Nowadays, it's necessary the integration among the several systems inside the hospital and that such integration become possible with the adoption of patterns. DICOM is a standard for the medical images. The modern equipments of image acquisition presents DICOM interface, what allows interoperability between the equipments and the storage in files in the same format. So, now the images and related information needs to be integrated with the hospital information systems.

To develop the hospital information systems with medical images and others hospital informations, without the development of systems as interfaces, which one can reduce the system performance, it is necessary to incorporate such characteristics in the own system of information. The growing technology of components, allows the development of systems modules with the functionalities and advantages attributed by the technology of objects.

In that way, this work presents a model of objects that represents the information contained in DICOM files, for creation of software components to facilitate the systems development process. The model is a result of the study of the DICOM specification documents and of the reading of the files. The structure of DICOM files could be understood implementing software to read the DICOM files.

Abstract

The hospital environment presents specific characteristics when it develops computerized information systems, like the need to make easy access to the patient information and the constant change in the procedures and routine activities, results in different kind of information to be managed. The medical images are among these informations, which more and more aid the doctor in the therapeutic process. Such information is generally controlled by different systems, that non-work with each other.

Nowadays, it's necessary the integration among the several systems inside the hospital and that such integration become possible with the adoption of patterns. DICOM is a standard for the medical images. The modern equipments of image acquisition presents DICOM interface, what allows interoperability between the equipments and the storage in files in the same format. So, now the images and related information needs to integrated with the hospital information systems.

To develop the hospital information systems with medical images and others hospital informations, without the development of systems as interfaces, wich one can reduce the system performance, it is necessary to incorporate such characteristics in the own system of information. The growing technology of components, allows the development of systems modules with the functionalities and advantages attributed by the technology of objects.

In that way, this work presents a model of objects that represents the information contained in DICOM files, for creation of software components to facilitate the systems development process. The model is a result of the study of the DICOM specification documents and of the reading of the files. The structure of DICOM files could be understood implementing software to read the DICOM files.

Capítulo 1

Introdução

Em um ambiente hospitalar as informações podem ser arquivadas, transmitidas, acessadas, protegidas e processadas através de diversas ferramentas de informática, aplicando o conhecimento de áreas distintas da Informática como Banco de Dados, Engenharia de Software, Sistemas Distribuídos, Inteligência Artificial, Robótica, Redes de Comunicação, Internet etc.

Um dos pontos chaves para o desenvolvimento satisfatório de um sistema informatizado é o levantamento adequado dos requisitos de cada instituição de saúde. Uma vez identificadas as necessidades de forma correta, é possível implementar soluções informatizadas utilizando tecnologia disponível.

Esta dissertação descreve o estudo e a definição de um modelo orientado a objetos, cujas entidades modeladas são provenientes dos modelos de informação apresentados no padrão DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*). O modelo visa facilitar o desenvolvimento de sistemas de informação hospitalar recuperando os dados relacionados às imagens médicas e integrando tais informações aos dados do SIH (Sistema de Informação Hospitalar), facilitando o processo de desenvolvimento de sistemas através do uso de componentes. Como os atributos do modelo foram retirados da especificação do DICOM, as informações correspondentes podem ser recuperadas diretamente de arquivos no formato DICOM.

1.1 Sistema de Informação Hospitalar e prontuário médico

Uma tarefa muito importante do SIH é o gerenciamento das informações clínicas sobre os pacientes. Estas informações são formadas por vários conjuntos de dados:

- demográficos (identificação, endereço, profissão, sexo, raça etc.);
- biométricos (idade, peso, tipo sanguíneo etc.);
- dados sobre a saúde do paciente, como resultados de exames laboratoriais, imagens e laudos anteriores, doenças pregressas, cirurgias realizadas, internações e tratamentos prévios etc.

Estas informações são adquiridas a partir de sistemas já informatizados, entrevistas com o paciente e seus familiares, pesquisa nos registros do hospital, e outras [DICK et al,1997], e são registradas no prontuário médico. Portanto, é tarefa do SIH gerenciar o prontuário médico dos pacientes, cujas informações podem estar apresentadas sob diversas formas, como texto, som, vídeo, imagens etc.

As imagens constituem uma importante ferramenta de auxílio ao diagnóstico, permitindo maiores detalhes a respeito do estado clínico do paciente. Exames sofisticados podem fornecer ao médico, através das imagens, subsídios para o diagnóstico, prognóstico e no processo de tomada de decisão terapêutica durante o acompanhamento da evolução clínica do paciente. Existem diversas modalidades da Medicina que utilizam as imagens como fonte complementar de aquisição de informações sobre a saúde do paciente. Alguns exemplos de modalidades que geram imagens são: radiologia (radiografia ou tomografias convencionais), medicina nuclear, ultra-som (obstetrícia, ginecologia, oncologia), fotografia (citologia, patologia, dermatologia, genética, mapas de cromossomos), filmes (endoscopia), imagens funcionais obtidas através de reconstrução, tal como o caso de exames de tomodensitometria óssea e imagem por ressonância magnética, ou simulações e reconstruções de imagens, em tons de cinza, com ou sem cores para contraste, e em alguns casos coloridas [DEGOULET,1996].

As informações a respeito da saúde do paciente são registradas pelos profissionais de saúde, mantendo um histórico durante o período de internamento. Tais informações podem ser consultadas em atendimentos posteriores. Segundo Kaihara [KAIHARA ,1998] o prontuário do paciente é o conjunto de informações que

registram todas as atividades ocorridas com o mesmo durante o atendimento hospitalar, incluindo os cuidados prestados pelos profissionais envolvidos e a contabilização dos serviços realizados. O prontuário agrega os procedimentos realizados com o paciente e deveria ser único durante os atendimentos prestados ao paciente, com a possibilidade de troca de dados entre instituições.

Manter o histórico clínico do paciente para qualquer necessidade de consulta é uma atribuição legal do hospital [WALLER,1997]. No Brasil, a resolução número 1.331/89 do Conselho Federal de Medicina afirma que o prontuário deve ser mantido sob a responsabilidade do hospital permitindo a recuperação das informações nele contidas a qualquer momento [Conselho Federal de Medicina,1989]. Os custos gerados por procedimentos incorretos ou redundantes em função da ausência de dados, o aumento do volume de dados, falta de informações sobre o paciente, o espaço físico requerido para o armazenamento dos prontuários, são alguns fatores que incentivam o investimento de esforços na informatização do prontuário do paciente.

Com o prontuário informatizado, o médico pode ter acesso aos dados sobre a saúde do paciente, procurando minimizar informações contraditórias, vagas e imprecisas, e permitindo maior rapidez no processo de diagnóstico, na definição do tratamento e no acompanhamento dos resultados que o paciente vem apresentando. A informatização do hospital permite que o SIH seja alimentado com tipos de dados distintos como texto, imagens, sons e sinais, formando um conjunto de dados agrupados e organizados conhecido como prontuário eletrônico do paciente [JOHNSON,1996], o qual mantém o histórico e torna-se uma fonte bastante rica para pesquisas.

Analisando o prontuário e o SIH, é possível apresentar duas abordagens. Primeiro, sendo o prontuário alimentado por um conjunto variado de fontes de informação para o prontuário, o mesmo pode ser considerado o coração do SIH, pois concentram dados de diversos sub-sistemas. Segundo, sob o ponto de vista da troca de dados entre instituições, o prontuário pode ser composto por dados provenientes de mais de um SIH. O agrupamento de tais informações, permite mais qualidade no atendimento ao paciente em função da facilidade de acesso às informações disponíveis.

O prontuário eletrônico é tema de interesse em diversas instituições de ensino e de saúde. As dificuldades começam a aparecer na localização, compatibilidade, precisão, clareza e, principalmente, ausência de dados que são importantes para auxiliar o médico no processo terapêutico, diagnóstico e no acompanhamento do paciente.

Uma das barreiras para o desenvolvimento do prontuário eletrônico é a necessidade de padronização da forma de aquisição, armazenamento e troca de dados sobre os pacientes [AMIA, 1994], de forma que o contexto semântico não seja perdido. As informações ainda precisam ser padronizadas para que se tornem compatíveis dentro e fora do ambiente hospitalar. Sem o uso de uma linguagem comum entre as partes não é possível obter uma comunicação efetiva. A necessidade emergente da área de saúde está na concentração dos esforços para organizar as informações sobre o paciente, promovendo um atendimento com qualidade e facilitando o trabalho dos profissionais de saúde, integrando e tornando compatíveis essas informações através das redes de computadores e com o uso de padrões.

Nos regiões como Estados Unidos e Europa existem diversos centros de pesquisa, cujos esforços cuja prioridade é o estudo da padronização do conteúdo, do vocabulário e do formato dos dados clínicos. Por exemplo, "10/10/1980" é o conteúdo do vocabulário data de nascimento do paciente, apresentada no formato dia/mês/ano.

Existem mais de 150 diferentes conjuntos de nomenclaturas, como ICD-10 (*International Classification Diseases*), SNOMED (*Systematized Nomenclature of Human and Veterinary Medicine*)¹, SNOMED DICOM *Micro glossary* [BIDGOOD, 1997], LOINC (*Logical Observation Identifier Names and Codes*), NANDA (*North American Nursing Diagnosis Association*)², etc. A NLM (*National Library of Medicine*)³ referencia o UMLS (*Unified Medical Language System*) [HUMPHREYS et al, 1996], que representa um mapeamento entre diversos vocabulários. Organizações como o *Technical Committee 251* (CEN/TC 251) [De MOOR, 1996] definiram o DICOM que atualmente se encontra na versão 3.0 [ACR-NEMA, 1998], como padrão para imagens médicas, permitindo a possibilidade de padronizar o armazenamento e

¹ SNOMED <http://www.snomed.org/>, 20/12/99.

² NANDA <http://www.nanda.org>, 22/12/1999.

³ NLM – UMLS <http://www.mcis.duke.edu:80/standards/termcode/umls.htm/>, 22/12/1999.

o gerenciamento de tais imagens, bem como teleradiologia e serviços similares, como apresentado por Dick [DICK,1996]. Alguns padrões como DICOM para gerenciamento de imagens médicas e HL7 (*Health Level Seven*)⁴ para troca de dados buscaram apoio da indústria para tornar os componentes de hardware e software realmente passíveis de integração.

1.2 Objetivo

O trabalho visa modelar os atributos especificados pelo padrão DICOM de acordo com uma metodologia de desenvolvimento de software, segundo o paradigma de objetos, devido às vantagens da utilização deste paradigma no desenvolvimento de sistemas informatizados. Este trabalho apresenta um modelo de objetos genérico para facilitar o processo de integração dos dados do setor de diagnóstico por imagem com o sistema de informações do hospital.

Os objetivos específicos são:

- Estudar e descrever o padrão DICOM de forma mais simples que a especificação padrão;
- Levantar o estado da arte da utilização do padrão DICOM;
- Descrever o processo de recuperação de dados armazenados em arquivos no formato DICOM;
- Parametrizar o modelo possibilitando opções genéricas, e adaptáveis para qualquer instituição de saúde;
- Modelar os atributos relacionados com as imagens médicas armazenadas em arquivos no formato DICOM, visando integrar com SIH's.

1.3 Interesse da tecnologia de objetos no SIH

A informatização dos hospitais ocorreu em segmentos paralelos: de um lado os sistemas administrativos controlando os custos, e de outro, soluções independentes direcionadas às necessidades de áreas específicas. Esta prática fez surgir sistemas eficientes, porém isolados atendendo à farmácia, laboratórios,

⁴ HL7 - <http://www.hl7.org>, 22/12/1999.

radiologia, etc. A falta de comunicação entre os sistemas resultou em dados duplicados e inconsistentes [HUANG,1996].

O diagnóstico por imagem é uma das áreas que teve um grande avanço tecnológico. Atualmente, o setor de imagens passa por um processo de digitalização, que retrata o *film-less hospital* [KAMM,1997], ou seja, hospital totalmente digital, sem a necessidade de impressão das imagens em filme. O processo de impressão em filme fotográfico, porém, ainda é utilizado principalmente pelo aspecto de documentação reconhecido pela legislação e pelo custo de aquisição do equipamento digital.

Na literatura pode-se observar que a tendência é o diagnóstico por imagem totalmente digital e distribuído, como forma de redução de custos, melhoria da qualidade e facilidade no acesso às imagens. Casos como o Hospital de Traumatologia de Innsbruck, Áustria, que no primeiro ano de funcionamento totalmente digital teve uma redução de 25 % nos custos em relação à utilização de filmes, segundo o relato de Peer [PEER et al,1999]. Além da redução dos custos do processo como um todo, existe o ganho obtido no tratamento do paciente. Em outro trabalho, apresentado por Cook [COOK et al,1999], a área de imagens permitiu redução de filmes perdidos, redução de repetição de exames, quase 100% de disponibilidade das imagens para vários usuários simultaneamente e 50% de melhoria no tempo de retorno, reduzindo de 10 horas para 5 horas cada rotina de exame.

O gerenciamento de imagens médicas é realizado pelo PACS (*Picture Archiving and Communication System*) [HUANG,1996], que representa um conjunto de sistemas que integram equipamentos empregados na aquisição, processamento, consulta (estações de visualização) e diagnóstico, e sistemas de armazenamento e impressão. Para implementação e uso efetivo do PACS é necessário um processo de padronização principalmente em dois aspectos:

- o formato de representação do conteúdo da informação (laudo), através do uso de vocabulários comuns e,
- os protocolos de comunicação usados para troca de imagens e dados relacionados.

A dificuldade em se estabelecer um vocabulário comum na área médica precisa ser vencida para que realmente seja possível a troca de informações entre instituições por meios digitais. Especificamente para a área de imagens médicas encontra-se em desenvolvimento o SDM, como apresentado por Bidgood [BIDGOOD, 1997]. Embora o vocabulário seja um ponto importante para integração das informações não está no escopo deste trabalho.

O padrão adotado para comunicação e armazenamento de imagens médicas é o DICOM, que permite a comunicação com outros equipamentos DICOM compatíveis de fabricantes distintos. Indústrias de equipamento de diagnóstico por imagem fazem parte do comitê de especificação do DICOM⁵ e estão desenvolvendo seus novos equipamentos dentro das normas especificadas. Existe uma tendência de utilização de equipamentos compatíveis com o padrão DICOM, pois pode-se ter comunicação e troca de dados entre equipamentos de modalidades e fabricantes diferentes.

O problema enfrentado por muitas instituições de saúde é que os sistemas que geram imagens não se comunicam com o SIH, existindo duplicação ou ausência de informações. As implementações próprias de cada hospital acabam deixando as imagens à parte em função da complexidade de implementar interfaces entre sistemas proprietários de aquisição de imagens e o SIH. Existe uma necessidade dos dados integrados tanto para a solicitação e acompanhamento de exames, quanto para disponibilizar dados clínicos do paciente para o diagnóstico radiológico. Este processo geralmente ocorre entre sistemas distintos, pois em muitos hospitais o serviço de diagnóstico por imagem é realizado por empresas independentes do hospital.

Para amenizar o problema citado, o trabalho proposto modela as informações armazenadas em arquivos no formato DICOM, para que implementações do SIH possam tornar tais informações disponíveis aos usuários autorizados. Dessa forma, o especialista que tenha solicitado um conjunto de exames com diagnóstico por imagem pode acompanhar o resultado através do acesso que tem ao SIH, podendo visualizar tais imagens em formato digital para auxiliar na definição do processo

⁵ Membros da ACR-NEMA - <http://www.nema.org/membership/members.html>

terapêutico. Tais imagens podem estar armazenadas em máquinas distintas, provenientes de equipamentos de modalidades diferentes, sendo localizadas no momento em que forem necessárias para serem analisadas de forma integrada com os demais dados do prontuário do paciente. As imagens continuam no formato original, permitindo o uso para comparação com novos exames em outras situações.

A opção pela abordagem de objetos permite que as vantagens provenientes dessa metodologia sejam utilizadas no processo de desenvolvimento de software. Como vantagens podem ser citadas a reutilização de códigos, o encapsulamento de informações complexas e a representação da visão conceitual de forma mais próxima do mundo real que a representação da teoria em modelos algorítmicos e estruturados [JACOBSON,1992]. Dessa forma, procura-se facilitar o processo de desenvolvimento de sistemas informatizados documentando informações já padronizadas pelo padrão DICOM com uma visão de objetos, propondo uma conexão entre as definições do padrão DICOM com uma aplicação modularizada na implementação do SIH.

O processo de modelagem consiste em levantar os dados definidos no padrão DICOM para gerenciar as informações a respeito do processo de diagnóstico por imagem e representar através de um modelo de objetos. A finalidade do modelo é facilitar o desenvolvimento de novas soluções informatizadas, incluindo imagens clínicas e informações relacionadas de forma integrada. O modelo permite aplicações personalizadas de acordo com as necessidades de cada instituição de saúde, pois pode ser expandido ou restringido. Como os atributos do modelo foram retirados da especificação DICOM [ACR-NEMA,1998], as informações correspondentes podem ser recuperados diretamente de arquivos no formato DICOM, permitindo a troca de dados padronizados.

A abordagem que será mostrada no modelo proposto procura facilitar a identificação dos requisitos, documentar e discutir as relações múltiplas e complexas entre o processo de padronização e as formas de trabalho de instituições de saúde em geral, contribuindo para o avanço e melhoria na qualidade de prestação de serviços. Segundo Booch [BOOCH,1992], esta abordagem, permite aproveitar as tecnologias emergentes do mercado, sem a restrição de um único fornecedor,

acrescentado e melhorando de forma gradativa o ambiente hospitalar com novos recursos tecnológicos.

A modelagem dos dados especificados pelo padrão DICOM procura explorar a estrutura definida pela ACR-NEMA, aproximando os profissionais de informática das necessidades da área médica e da pesquisa. A integração e a utilização dos dados de forma padronizada no SIH permite a troca de informações entre instituições de saúde, contribuindo para melhorar qualidade e comodidade do atendimento do paciente.

1.4 Contribuições

A proposta desta dissertação é apresentar uma tradução do conteúdo do padrão DICOM, que é baseado modelo relacional, para um modelo de objetos, mantendo os mesmos atributos, para não afetar a interoperabilidade do padrão.

De forma mais direta, pode-se analisar as contribuições deste trabalho sob dois aspectos: conceitual e técnico. A visão conceitual procura analisar o trabalho de forma acadêmica, contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa. A visão técnica procura descrever a aplicação dos conhecimentos de informática para que as experiências possam ser reproduzidas, com menos esforço.

Como contribuição conceitual, pode-se citar:

- Estudo e descrição do padrão DICOM;
- Análise dos modelos de informação que representam as entidades do DICOM e descrição dos componentes, utilizando a metodologia de objetos;
- Levantamento do estado da arte dos sistemas de informação hospitalar, enfatizando o diagnóstico por imagem;
- Aplicação do conceito de desenvolvimento de software baseado em componentes para a área de saúde, através da especificação básica de componentes que podem ser obtidos através do modelo;
- Definição de um modelo conceitual envolvendo todo o processo de diagnóstico por imagem.

Sob o ponto de vista técnico, esta dissertação contribui com:

- Implementação de um programa de leitura de arquivos DICOM;

- Portabilidade obtida com a linguagem adotada para o desenvolvimento do programa de leitura de arquivos DICOM;
- Descrição do processo de leitura em forma de algoritmo para que possa ser implementado em qualquer linguagem;
- Exemplo de definição de interface de componente.

1.5 Plano da dissertação

O trabalho apresentado nesta dissertação está dividido em seis partes correspondentes a cada capítulo. No final do trabalho foram acrescentados os anexos que estão sendo referenciados no desenvolvimento dos capítulos.

O primeiro capítulo apresenta a descrição do trabalho apresentado, acrescentando a motivação e justificativa para o desenvolvimento. Neste capítulo são descritas também as contribuições apresentadas pela dissertação.

O segundo capítulo caracteriza o ambiente hospitalar, contextualizando o setor de imagens dentro do sistema de informação do hospital. Procura-se apresentar uma visão geral do processo de informatização do ambiente hospitalar, focalizando o processo de diagnóstico por imagem. Como padrão para o setor de imagens temos o padrão DICOM. Neste capítulo são apresentados alguns projetos que utilizam o padrão DICOM em ambientes reais.

O terceiro capítulo é composto por três partes. A primeira apresenta em detalhes o padrão DICOM e toda a especificação do modelo de informação do DICOM, que representa as entidades do mundo real abordadas pelo DICOM. A segunda parte discorre rapidamente sobre as imagens médicas e como as imagens estão armazenadas em arquivos DICOM. A terceira parte apresenta os conceitos básicos da tecnologia de objetos e o processo de desenvolvimento de sistemas informatizados orientados a objetos.

O quarto capítulo descreve a forma como o trabalho foi desenvolvido. As atividades executadas, o sistema de leitura de arquivos DICOM implementado e o modelo de objetos proposto são abordados neste capítulo.

O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos com a realização deste trabalho. As partes que compõem o modelo de objetos proposto são descritas em detalhes, com os diagramas de classes apresentados. Como aplicação do modelo de

objetos, é apresentada a especificação da interface de componente par integração dos dados dos arquivos DICOM ao prontuário do paciente.

O capítulo sexto apresenta a discussão e as conclusões desta dissertação. O trabalho finaliza com sugestões de trabalhos futuros que venham a contribuir para a continuidade deste trabalho.

Capítulo 2

Estado da arte do SIH

Atualmente existe uma tendência de utilização de imagens digitais no processo de diagnóstico por imagem. A indústria vem investindo significativamente no desenvolvimento de técnicas de aquisição, processamento, gerenciamento e visualização de imagens digitais. Pode-se verificar o resultado destes esforços em diversos equipamentos sofisticados disponíveis no mercado.

A primeira parte deste capítulo apresenta considerações gerais sobre o ambiente hospitalar, sobre as imagens médicas e sobre a integração dos dados gerados no processo de diagnóstico por imagem com o SIH; a segunda parte apresenta a descrição de alguns projetos desenvolvidos ou em desenvolvimento que utilizam DICOM.

2.1 Ambiente hospitalar

Os hospitais desempenham diversas atividades que compreendem:

- hotelaria ou gerenciamento das internações (registrando admissão, internamento, alta e transferência);
- controle de estoque de suprimentos, incluindo farmácia e cozinha;
- controle de recursos humanos, que gerencia escala de plantões, dados profissionais de médicos, enfermeiros e demais funcionários;
- controle dos dados do paciente, bem como o histórico clínico durante esse processo;
- solicitação e registro de execução de exames e procedimentos;
- faturamento, entre outras.

Apesar de certas atividades permanecerem registradas em papel, com crescimento do volume de atendimentos diário aumenta a necessidade de informatização do processo.

A informatização dos processos executados no ambiente hospitalar originou um conjunto de sistemas informatizados, que gerenciam as atividades citadas, conhecidos como SIH (Sistema de Informação Hospitalar). Soluções isoladas, necessidades práticas, principalmente no controle do faturamento, permitiram o desenvolvimento do SIH nas áreas administrativa e financeira. Hoje, a integração dos dados do paciente, incluindo os cuidados clínicos, é uma necessidade para melhorar a qualidade no atendimento e uma ferramenta imprescindível para o avanço e desenvolvimento de novas pesquisas na área médica.

O fluxo das informações que circulam dentro do hospital implica diretamente na qualidade dos serviços prestados, uma vez que a ausência de dados, ou a imprecisão dos mesmos pode trazer prejuízos, não somente financeiros, mas também para o tratamento do paciente. A ausência de informações pode ser fatal.

Os diversos setores do hospital necessitam de dados e alimentam o sistema de informações do hospital. Como os dados são gerados a partir de diversas fontes e precisam estar integrados, o processo de informatização de um hospital torna-se complexo. Outro fator que aumenta a complexidade do processo de informatização do hospital é a dificuldade de gerenciar estes dados em função do volume, e disponibilizar a informação correta no momento e no formato que o médico precisa.

A Figura 2.1 apresenta um esquema simplificado de uma proposta de arquitetura de um sistema hospitalar, baseado em várias arquiteturas hospitalares descritas na literatura¹, como, por exemplo, o PACS do Hospital de Genebra², *Miyasaki Hospital College*³, Hospital Materno-Infantil Vall d'Hebron (Barcelona)⁴, University of California San Francisco (UCSF)⁵, *Brigham and Women's Hospital*⁶,

¹ <http://www.dejarnette.com/efinegan/pacssite.htm>, 22/12/1999.

² <http://www.expasy.ch/UIN/images/projects/pacs/PACS.gif>, 22/12/1999.

³ <http://www.miyazaki-med.ac.jp/PHOENIX-PALM/PHOENIX-PALM.html>, 22/12.1999.

⁴ <http://numancia.vhebron.es/rx/textes/pacsteor.htm>, 22/12/1999.

⁵ http://http.cs.Berkeley.edu/~randy/Daedalus/BARWAN/BARWAN_PACS.html, 22/12/1999.

⁶ <http://brighamrad.harvard.edu/research.html>, 22/12/1999.

University of Utah Health Sciences Center⁷, Zurich University Hospital⁸, NASA Lewis Research Center⁹, National Cancer Center (Japão)¹⁰.

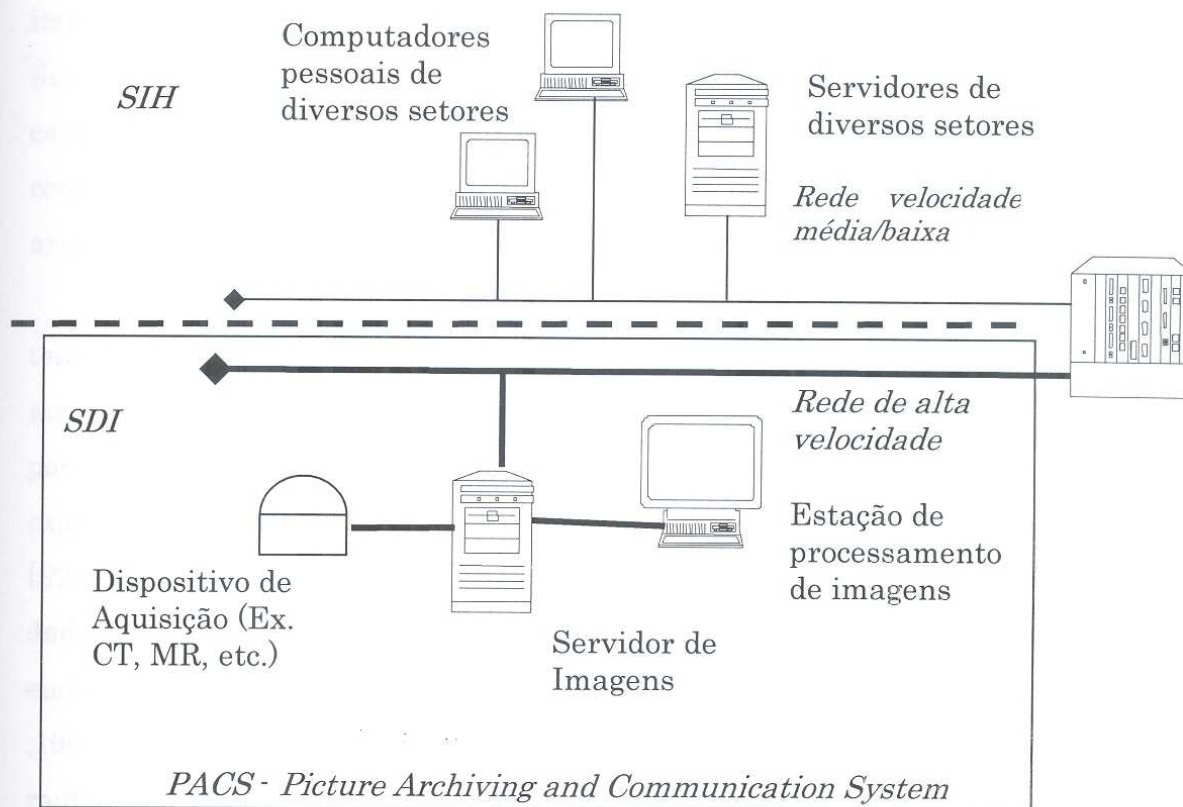


Figura 2.1 – Exemplo de arquitetura de um ambiente hospitalar

Basicamente, a Figura 2.1 mostra uma divisão simbólica da arquitetura de rede entre o SIH e o RIS (*Radiology Information System* ou Sistema de Informação de Radiologia). Este controla os procedimentos e demais atividades relacionadas com o setor de radiologia e geralmente está integrado ao sistema de imagens, conhecido como PACS (*Picture Archiving and Communications Systems*), ou como será definido neste trabalho mais adiante, Setor de Diagnóstico por Imagem (SDI), que envolve tanto os procedimentos quanto as imagens. A linha tracejada simboliza a divisão da velocidade de comunicação da rede no setor de imagens e no restante do

⁷ <http://wwwrad.med.utah.edu/nucmed/PACS.html>, 22/12/1999.

⁸ <http://www.vmmc.org/radiology/pacs.htm>, 22/12/1999.

⁹ <http://sulu.lerc.nasa.gov/5610/mammography>, 22/12/1999.

¹⁰ <http://image.east.ncc.go.jp/telerad/telerad.html>, 22/12/1999.

hospital. O volume de dados gerados pelas imagens requer incremento da velocidade da rede.

O sistema que gerencia o setor de imagens é conhecido como PACS, implementado no SDI, aparece destacado com um retângulo. Como é uma figura ilustrativa, o SDI pode representar diversos setores do hospital, com radiologia, cardiologia, e outros locais que utilizem modalidades de imagens médicas. O PACS controla o ciclo do diagnóstico por imagem, desde a aquisição da imagem, armazenamento, visualização e impressão.

Na estação de visualização do setor de radiologia, é necessário que a imagem tenha qualidade necessária ao diagnóstico. Quanto maior a resolução da imagem maior o volume de dados gerados. Como o volume de imagens gerado, por exemplo, por um hospital de 400 leitos de atendimento de emergência fica em torno de 300 exames de radiografia (geralmente braço, perna ou tórax) por dia [STASIU et al,1999], isso representa um volume diário aproximado de 2,5 Gb de dados de imagens. O volume é grande em função da resolução necessária para uma emissão adequada do laudo. No exemplo citado por Pardellans [PARDELLANS,1994], uma imagem digital de tórax com qualidade equivalente ao filme de radiografia necessita de uma matriz de 4096 x 4096 pixels e apresenta um volume de 32 Megabytes. Este fato justifica o isolamento da rede e a largura de banda exigida pelo setor de radiologia. Já no restante do hospital, o tráfego mais intenso de comunicação é texto, ou caracteres, o que causa menos tráfego durante a transmissão que as imagens.

O tempo de acesso às imagens pelo radiologista deve ser menor que a localização da imagem impressa em filme. Por esta razão é importante investir na infra-estrutura de comunicação de dados. O diagnóstico por imagem requer redes de alta velocidade, que para cobrir o hospital todo representam um alto custo, não compatível com a realidade de muitos hospitais. Geralmente os médicos que solicitam os exames necessitam das informações de diagnóstico que compõem o laudo. As imagens complementam a validação do diagnóstico e auxiliam na definição do processo terapêutico. Neste caso, a resolução pode ser menor que durante o processo de definição do laudo.

O custo/benefício dos investimentos no processo de informatização do hospital fundamenta-se em uma rede integrada, que possibilite circulação das informações. De um lado, o radiologista emite o laudo através dos dados obtidos da imagem digital, complementando com o acesso aos dados do prontuário, e de outro, o médico recebe o laudo com as imagens mais importantes diagnosticando e validando o processo terapêutico do paciente, sem atrasos, ou erros de interpretação, causados por problemas de transcrição ou grafia.

2.1.1 Sistema de Informação Hospitalar (SIH)

O SIH, conforme já mencionado, gerencia as informações relacionadas ao funcionamento de um hospital através dos serviços prestados aos pacientes, tanto sob o ponto de vista administrativo quanto clínico. Sob o aspecto administrativo os sistemas informatizados conseguem atender as exigências do ambiente hospitalar, de acordo com a tecnologia de informação disponível no mercado de informática e telecomunicações. Quanto ao aspecto clínico, existem muitas pesquisas em desenvolvimento, procurando melhorar a qualidade dos sistemas informatizados ligados à saúde. Um problema que dificulta o desenvolvimento das aplicações e a troca de informação entre as instituições de saúde é a diferença no formato de apresentação dos dados, ou seja, a falta de padronização.

Segundo Collen [COLLEN,1996], o objetivo da informatização do hospital é utilizar o computador e equipamentos de comunicação para coletar, armazenar, processar, recuperar e controlar dados relacionados ao atendimento do paciente, além de controlar as tarefas administrativas e financeiras, e satisfazer os requisitos funcionais das atividades diárias do ambiente hospitalar.

2.1.2 Setor de Diagnóstico por Imagem (SDI)

O setor de diagnóstico por imagem envolve diversas modalidades e geralmente está distribuído em diversos setores do hospital ou em clínicas de modalidades específicas. Em alguns casos, o SDI é baseado no setor de radiologia, porque o diagnóstico por imagem começou com base no raio X, apesar de hoje já existirem outras modalidades geradoras de imagens. O conceito de SDI aqui

empregado também envolve o sistema de informações da radiologia, conhecido como RIS.

Dentro do SDI existe a necessidade de gerenciar os recursos disponíveis e definir os procedimentos de forma organizada e metódica, compreendendo situações diferenciadas e atípicas dos demais processos do hospital. O gerenciamento tornou-se complexo influenciando o processo de informatização setorial. Por esta razão implementações de sistemas próprios, independentes do SIH, foram sendo desenvolvidos e aperfeiçoados para atender as necessidades internas ao setor de imagens.

Na tentativa de permitir maior flexibilidade e comunicação no gerenciamento das imagens, surgiu o conceito de PACS, que foi projetado inicialmente para gerenciar a área radiologia [CREIGHTON,1999], sendo expandido para todo o setor de diagnóstico por imagem. Sistemas modernos de PACS possibilitam adquirir, visualizar e arquivar imagens, comunicando-se com equipamentos distintos, pois o padrão DICOM substitui a interface proprietária existente em sistemas mais antigos. A comunicação entre equipamentos de modalidades diferentes é definido pelo protocolo DICOM [MCDONALD,1999], permitindo interoperabilidade e independência de fabricante.

O PACS, como já citado, é o sistema que gerencia imagens médicas. É responsável pelo fluxo de tarefas do setor de imagens, executando atividades como [HUANG,1996]: gerenciamento das imagens e dados relacionados; escalonamento de tarefas; comunicação entre computadores distintos; mecanismos de visualização e processamento das imagens; manipulação de erros e monitoração da rede. Os sistemas PACS surgiram no final dos anos 80, mas trouxeram uma série de dificuldades operacionais, pois não permitiam a interligação do sistema do departamento de radiologia com outros sistemas. Os sistemas apresentavam interfaces proprietárias, as quais demandavam custos altos de desenvolvimento de software para integrar com o sistema hospitalar. Dificuldades de implementação e integração com outros sistemas, tornaram os sistemas inoperantes a maior parte do tempo, inviabilizando o seu uso [HUANG,1996]. Houve necessidade de remodelar os sistemas para torná-los operacionais. A ausência de padrões é uma das principais causas dos problemas encontrados na interligação dos sistemas. Os equipamentos

forneem imagens digitais que precisam de interfaces proprietárias para visualização e armazenamento dos dados.

Existem diversas instituições de saúde estudando, pesquisando e implementando PACS com arquiteturas e equipamentos diferentes usando o padrão DICOM. Hoje muitos equipamentos armazenam as imagens e os dados relacionados em arquivos no formato DICOM, como os equipamentos de empresas como Phillips¹¹, Siemens¹², ALI Medical Technology¹³, GE¹⁴, Kodak¹⁵, etc. Segundo Cummings [CUMMINGS, 1995], “A maior mudança hoje é integrar as imagens de cada estudo individual com outras informações pertinentes ao paciente.”

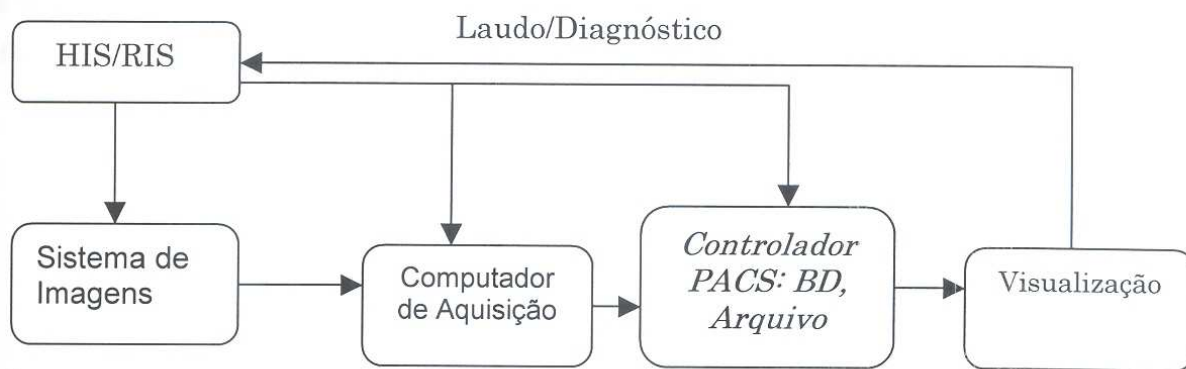


Figura 2.2 - Arquitetura geral de um sistema PACS

A Figura 2.2 apresenta a arquitetura geral de um sistema PACS conforme mostrado por Huang [HUANG, 1996], página 266. O mesmo autor apresenta a estrutura do PACS, formada por diferentes componentes, incluindo tecnologias para:

- aquisição de imagem através de dispositivos de dispositivos digitais, como tomografia computadorizada (CT), ressonância magnética (MR), ultrassonografia, radiografia computadorizada, fluoroscopia digital, angiografia digital e medicina nuclear digital;
- armazenamento e recuperação através de sistemas de gerenciamento de banco de dados, incluindo armazenamento temporário (como discos

¹¹ Philips Medical Systems International. <http://www.medical.philips.com/>, 18/11/1999.

¹² Siemens Medical Systems <http://www.siemens.de/med/>, 18/11/1999.

¹³ ALI Medical Technology <http://www.alitech.com/index.html>, 18/11/1999.

¹⁴ GE <http://www.ge.com/medical/index.htm>, 18/11/1999.

¹⁵ Kodak <http://www.kodak.com/US/en/health/dicom/dicom.shtml>, 18/11/1999.

- rígidos para acesso rápido) e permanente (como disco óptico para histórico), além de sistemas de gerenciamento de fluxo de trabalho;
- software para visualizar imagens de diagnóstico e informações clínicas;
 - comunicação através de infra-estrutura de redes locais e de longa distância;
 - interface entre o gerenciamento PACS e o sistema de radiologia ou o SIH, para permitir troca de mensagens e informações.

A infra-estrutura básica do PACS fornece meios para integração de imagens distribuídas e heterogêneas, como citado por Wong [WONG et al,1995], permitindo o gerenciamento de todas as informações relacionadas ao paciente. A estrutura do PACS consiste na estrutura básica de componentes de hardware para:

- interface de aquisição – existem três métodos principais de aquisição de imagens digitais: digitalização de filme (scanner), vídeo digital e captura direta. O método usado depende do equipamento em que foi realizado o exame. Filmes de raio X ainda contabilizam 60% das imagens médicas [HANLON&FENNER,1995]. A captura direta de modalidades digitais (CT, MR, NM, US e CR) é o método preferido, e pode ser completamente automatizada, onde o próprio equipamento de aquisição armazena a imagem temporariamente. Depois da aquisição, as imagens são pré-processadas e associadas aos dados do paciente;
- dispositivo de armazenamento – inicialmente as imagens são armazenadas no próprio equipamento em que foram adquiridas, ou em um servidor de rede, e depois movidas para um arquivo central ou gerenciador hierárquico (HSM – *Hierarchical Storage Manager*). O HSM combina discos magnéticos (mais rápidos) e bibliotecas de fitas automatizadas (mais lentos) ou discos ópticos. O HSM automaticamente move os dados entre o armazenamento rápido e lento de acordo com a frequência de utilização das imagens, conforme as regras definidas pelo usuário;
- gerenciamento dos dados – a forma de gerenciamento dos dados nos dispositivos de armazenamento pode variar conforme a instituição. Em alguns casos, possuem um banco de dados somente para imagens,

enquanto outros utilizam o RIS ou HIS para o gerenciamento das mesmas;

- redes de comunicação – arquiteturas como *Ethernet* (10 Mbits) tornam-se lentas para o tráfego de imagens. Tecnologias como ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), e fibra ótica são meios mais adequados para o setor de radiologia;
- sistemas de visualização – a estação médica é o componente chave do sistema de imagens clínicas. A estação de visualização implementa a interface através da qual o médico analisa as imagens para diagnóstico, bem como avalia a qualidade da apresentação e tempo de resposta do sistema. A interface pode ser implementada sob diversas plataformas, executando diferentes aplicações. As estações devem ter alta resolução para não prejudicar a qualidade das imagens necessárias para a emissão do laudo.

Fisicamente, uma implementação baseada no PACS é composta por vários computadores conectados em várias redes, incluindo equipamentos de aquisição de imagens de radiologia, computadores (conhecidos como controladores PACS) para armazenamento local e tratamento das imagens, e as estações de visualização. Um PACS pode ser um sistema simples como um digitalizador de filmes conectado a um monitor com um pequeno banco de imagens, ou um sistema complexo de gerenciamento de imagens envolvendo todo o hospital.

2.1.3 Integração entre sistemas

Na maioria das vezes o PACS gerencia imagens e dados relacionados dentro do setor de imagem. Quando um PACS está conectado ao SIH, pode apresentar dados demográficos do paciente e integrar as informações do registro médico com as imagens e o laudo produzido pelo radiologista. Conforme citado por Offenmuller [OFFENMULLER, 1995], este relacionamento é chamado de interoperabilidade, ou seja, “a habilidade de trocar informações médicas, com utilidade clínica em ambos os lados conectados”, ou seja, permitindo a interação entre o médico que solicitou o exame e quem forneceu o laudo.

A utilização do processo de diagnóstico por imagem informatizado aprimora o fluxo de trabalho do setor. A troca de dados dos pacientes entre os sistemas do hospital e do setor de imagens reduz as tarefas dos profissionais envolvidos e diminui a ocorrência de erros humanos que podem influir no tratamento do paciente. O médico pode ter seu diagnóstico facilitado se tiver acesso aos dados prévios (inclusive imagens) do paciente.

Segundo Osada [OSADA, 1999], existem duas razões para que o gerenciamento das informações sobre imagens médicas não esteja restrito ao setor de diagnóstico e sim integrado com o SIH:

1. os usuários do SIH requerem tais informações como: prioridade do exame, dados anteriores dos exames feitos pelo paciente, requisitos para o exame, situação de determinado exame, etc., para desempenhar suas atividades;
2. o controle e a situação das informações deve ser consistente entre todos os sistemas integrados, permitindo interação entre modalidades distintas e, por exemplo, avisar ao médico solicitante os procedimentos e exames já solicitados para o paciente em atendimento.

A integração entre os sistemas é altamente desejada, porém não é uma tarefa simples. A complexidade do desenvolvimento de interfaces que permitam uma comunicação satisfatória acaba resultando em implementações independentes e proprietárias. A principal razão desta dificuldade é a falta de padrões, pois com soluções proprietárias é mais difícil reaproveitar a comunicação entre os sistemas. Sem a utilização de padrões não é uma tarefa fácil implementar a interoperabilidade [DE MOOR, 1993].

Existem diversas publicações na literatura que falam da integração entre SIH e PACS. Levine [LEVINE, 1990] apresenta três metodologias de projeto de interface entre sistemas: unidirecional, bidirecional e através de estações integradas. A interface unidirecional apresenta o fluxo de informações em um único sentido, não atendendo a necessidade real do ambiente hospitalar. A outra alternativa, apresenta como característica principal o fato de manter as informações atualizadas simultaneamente em ambos os sistemas. Este método permite maior consistência entre os dados, gerando informações mais precisas. A terceira metodologia apresenta um sistema que implementa estações de visualização

integrada; basicamente um terminal onde é possível acessar um ou mais sistemas separadamente. A atualização também é independente em cada sistema. No mesmo trabalho é indicada a metodologia bidirecional como a melhor opção para conectar o PACS ao SIH.

Outro trabalho realizado por Veader [VEADER, 1997] indica que a implementação de uma interface bidirecional apresenta como vantagem a “eliminação de erros de ortografia, apoio para agendar procedimentos e facilidade de recuperação das imagens.” O referido trabalho descreve a maneira como a interface permite que o PACS receba as informações demográficas do paciente do SIH e envie dados sobre o procedimento executado.

Existem muitos benefícios que podem ser alcançados conectando-se os sistemas dentro do ambiente hospitalar. Pode-se citar alguns como os destacados por Creighton [CREIGHTON, 1999]:

- Novos métodos podem ser criados para permitir aos médicos a visualização das imagens sem a necessidade de dirigir-se ao setor de radiologia;
- Pode permitir características importantes como roteamento automático de exames para a estação apropriada, seleção prévia e automática de exames relacionados e apresentação do laudo na tela do computador do médico que solicitou;
- Pode promover eficiência e redução de custos no processo de diagnóstico por imagem, permitindo o gerenciamento do todo o processo desde a solicitação do exame até o controle de arquivamento dos resultados;
- O acesso eletrônico permite reduzir o número de exames repetidos ou não necessários e promover maior qualidade no atendimento ao paciente;
- Acesso rápido aos dados do paciente pode reduzir o tempo de internamento do paciente no hospital, reduzindo a possibilidade de tratamento não apropriado baseado em informação inadequada.

A padronização dos protocolos e procedimentos é a forma de linguagem comum entre os sistemas. Porém a adoção de um padrão não garante a conectividade [LEVIGNE et al, 1997]. Conforme descrito no último trabalho citado, não existe esta garantia porque os fabricantes de equipamentos com interface

DICOM podem interpretar o padrão de diferentes formas. Embora o padrão seja utilizado, não se assume uma conectividade automática. Para conseguir a interoperabilidade entre os sistemas é preciso analisar como os dois sistemas irão trabalhar juntos, verificando elementos como o fluxo de trabalho, os eventos disparados, os elementos de dados, o formato das mensagens e determinar o mesmo significado em ambos os sistemas. A conclusão apontada é que “padrões isolados não resolvem o problema da conectividade a menos que sejam amplamente implementados e interpretados similarmente”, como afirma Levigne [LEVIGNE et al,1997].

O SIH e o PACS geralmente utilizam diferentes formas de comunicação, que são complementares. O PACS foi projetado para gerenciar imagens médicas e utiliza o padrão DICOM. Os sistemas de informação normalmente utilizam o HL7 como protocolo de comunicação de mensagens.

O HL7 é um protocolo utilizado no nível de aplicação (nível 7 do modelo OSI (*Open System Interconnection*), resultando o nome HL7). O HL7 fornece um protocolo de comunicação baseado em texto para troca de informações entre sistemas diferentes. O foco principal é o ciclo de eventos clínicos e administrativos como eventos do ciclo ADT (*Admission, Discharge, Transfer*), que cuida da admissão, liberação e transferência do paciente, lista de tarefas e agenda, observações e resultados, dados financeiros e assim por diante. O HL7 utiliza um conjunto de campos definidos e a mensagem para troca é gerada neste formato. Na outra ponta, o sistema que recebe a mensagem decodifica-a baseado na especificação padrão do HL7 [BEELER,1998;ABRAHAO et al,1997].

Uma combinação de padrões tem sido verificada como solução para integrar imagens e dados relacionados ao SIH: DICOM e HL7. Enquanto o HL7 é forte na comunicação de dados administrativos, DICOM é fraco. De forma similar, enquanto DICOM é forte no gerenciamento e comunicação de imagens digitais, o HL7 é mais limitado. Portanto, os padrões têm finalidades diferentes e são complementares.

Um grupo de estudo foi criado para viabilizar a comunicação entre DICOM e HL7 criando um sistema de interoperabilidade que permite que cada padrão fortaleça o outro, fornecendo um verdadeiro padrão aberto de comunicação na área da saúde. É o IMSIG (*Image Management Special Interest Group*) [IMSIG ,1997],

grupo de interesse especial no gerenciamento de imagens, cuja meta é uma convergência para interoperabilidade entre DICOM versão 3.0 e HL7. Para atingir esta meta, cinco passos são necessários:

1. Definir um modelo comum para troca de dados, resultados e situação das informações entre HL7 e DICOM através de uma interface com o SIH, incluindo as imagens e dados relacionados;
2. Compreender o mapeamento entre mensagens, eventos e segmentos HL7 e tipos de eventos, classes SOP (*Service-Object Pair*) e mensagens DICOM;
3. Usar um mapeamento e modelo comum para especificar mensagens HL7 e DICOM que cobrem um conjunto de transações comuns no SIH;
4. Explorar a troca de imagens entre sistemas HL7 e DICOM.
5. Desenvolver perfis de aplicação DICOM/HL7 para especificar todos os parâmetros e condições necessárias para alcançar o nível de interoperabilidade definido no contexto do SIH.

O documento descrito por Keayes [KEAYES,1995] examina a similaridade entre DICOM e HL7 e fornece uma especificação para interoperabilidade, identificando a tradução de sintaxe e semântica para converter um protocolo com outro. O referido trabalho analisa a versão 2.2 do HL7, onde fatores como a falta de definição semântica do HL7 e em alguns casos, as diferenças nos paradigmas usados em cada padrão impedem qualquer sentido de similaridade ou mapeamento.

O documento acima referenciado descreve somente a compatibilidade entre os aspectos comuns do HL7 e do DICOM. Aspectos particulares de um ou de outro padrão não estão cobertos no escopo abordado, como é o caso das imagens, cobertas pelo DICOM, não havendo equivalente no HL7. Esses e outros temas são indicados como trabalhos futuros.

Com onze anos de desenvolvimento, atualmente o padrão HL7 está na versão 3.0. Conforme relatado por Beeler [BEELER,1998], esta versão iniciou em 1994, tendo a colaboração entre membros de outros grupos de padronização em atividades como o IEEE P1157 (MEDIX) e atividades do CEN TC-251. Em 1997 foi publicado um rascunho da versão 3.0 do HL7, apresentando um modelo completo, baseado na metodologia de orientação a objetos, processo de desenvolvimento cíclico

e distribuído. As imagens são utilizadas como objetos e agregadas às demais informações do paciente.

Outro grupo de padronização chamado OMG (*Object Management Group*) definiu e especificou a arquitetura CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*), cujo propósito é permitir que diferentes aplicações comuniquem-se de forma transparente. CORBA usa um ORB (*Object Request Broker*), um *middleware*, sistema através do qual os objetos fazem suas requisições e recebem respostas de outros objetos localizados local ou remotamente, sem a necessidade de avisar os clientes como usar, ativar ou armazenar os objetos do servidor em um ambiente distribuído [OMG, 1998]. Um ORB fornece maior flexibilidade no projeto de sistemas e permite integração das implementações existentes, sem a necessidade de uma aplicação conhecer a localização física da outra. A organização OMG especifica grupos de interesse em diversas áreas de aplicação com finanças, manufatura, telecomunicações, saúde, etc. O grupo da área de saúde, chamado de CORBAmed, é um domínio vertical, ou seja aplicado especificamente no desenvolvimento de componentes para a área de saúde, sempre mantendo as características de interoperabilidade da arquitetura CORBA.

O hospital é um ambiente distribuído que possui informações distribuídas e que precisam estar integradas tanto para o gerenciamento dos custos como para o processo terapêutico. A informatização geralmente é gradual e existem setores terceirizados, com aplicações que precisam ser integradas, independentes de fabricantes. Dessa forma, uma tecnologia aberta e distribuída como a arquitetura CORBA é bastante indicada. CORBA incorpora o conceito da metodologia de objetos em todos os níveis de especificação dos serviços padronizados. Os objetos ganham força quando se tornam componentes de software moduláveis, conforme a necessidade da aplicação.

CORBA especifica e incentiva o desenvolvimento da tecnologia de componentes. Os componentes são uma área emergente no processo de desenvolvimento de software, onde a indústria de software tende a imitar a indústria de hardware, criando módulos de software independentes, *plug-and-play* através de redes, aplicações, linguagens de programação, ferramentas e sistemas

operacionais. Um componente possui algumas características mínimas, conforme descrito em Orfali [ORFALI 1996] :

- Deve ser um produto que possa ser comercializado;
- Não é uma aplicação completa. Pode-se ter vários componentes para formar uma aplicação completa e customizada;
- Pode ser usado em combinações imprevisíveis;
- Deve apresentar uma interface bem definida, pois é a forma como o componente comunica-se com o exterior;
- Deve ser um objeto interoperável, para que possa ser executado através de redes, sistemas operacionais, ferramentas, linguagens, etc.;
- Deve ser passível de extensão, para que outros componentes possam ser criados.

O paradigma de objetos, através dos próprios conceitos, como encapsulamento, herança e polimorfismo [FURLAN,1998; BOOCH,1992; RUMBAUGH,1991], facilita o desenvolvimento de componentes. Padrões como HL7 e DICOM, podem ser mais facilmente utilizados com a implementação de componentes que possam ser integrados ao desenvolvimento do SIH.

O padrão DICOM representa as propriedades clinicamente significativas das imagens e a semântica das informações relacionadas com tais imagens. Por ser um modelo explicitamente definido pode ser expressado através de SGML (*Standard Generalized Markup Language*) ou OMG-IDL (*Object Management Group – Interface Definition Language*), ou outra sintaxe comum, e pode ser implementado usando qualquer protocolo de comunicação. Dessa forma, o padrão DICOM pode servir como a base para um conjunto de especificações em HL7, CORBA, ActiveX [Active X, 1998] e SGML (*Standard Generalized Markup Language*) logicamente equivalentes para a troca de imagens médicas e informações associadas [BIDGOOD ,1998].

O padrão de mensagem que prevalece na área de imagens médicas é o DICOM e foi criado antes da tecnologia CORBA. Para garantir compatibilidade entre sistemas baseados em mensagem e sistemas baseados em requisição de objetos, CORBAMED planeja especificar aplicações CORBA para imagens médicas de acordo com o modelo de informação do padrão DICOM. Da mesma forma o grupo

IMSIG está trabalhando em um modelo de informação do padrão DICOM seja utilizado como o componente de imagem na versão 3.0 do HL7. Esta abordagem diminui a distância entre os dois padrões.

O CORBAMED tem vários grupos de desenvolvimento de padrões na área de saúde, cujos temas englobam a identificação única do paciente, as informações de observações clínicas do paciente, a prescrição de medicamentos, o vocabulário médico, etc. Existe um grupo específico para estudar e desenvolver padrão relacionado com imagens médicas chamado de CIAS (*Clinical Image Access Service*) [CIAS RFP, 1998]. Este documento cita que “o objetivo deste serviço não é suplantando o DICOM, mas deve ser entendido como um serviço para envolver partes do padrão DICOM para permitir acesso às imagens e informações relacionadas onde a riqueza do DICOM não é necessária, como no prontuário do paciente”. Também especifica os requisitos obrigatórios e opcionais que os componentes devem ter para serem aprovados como padrão.

O CIAS pretende especificar um conjunto de definições padrão para acessar imagens médicas no padrão DICOM e em outros formatos, através da tecnologia de objetos distribuídos da arquitetura CORBA. O mecanismo de padronização do CIAS, bem como outros serviços CORBA, é através de solicitações de propostas (RFP – *Request for Proposals*). Depois as propostas são submetidas para aprovação pelos membros da OMG Trabalhos que atendam parcial ou integralmente os requisitos especificados na RFP são submetidos, como é o caso do trabalho desenvolvido em conjunto da Philips com a Siemens, como descrito em [CIAS, 1999].

De acordo com Cooke *apud* [CREIGHTON, 1999], “na área de radiologia, existem novos desenvolvimentos que incluem computação distribuída, tecnologia Web, software baseado em componente, e tecnologia de orientação a objetos.” Alguns autores citados por Creighton [CREIGHTON, 1999], como Samuel J. Dwyer III, acredita que “DICOM, HL7 e CORBAMED são a chave para a conectividade”. Ele afirma que a tecnologia de objetos e os sistemas cliente-servidor estão tornando-se cada vez mais populares, permitindo o avanço dos padrões abertos, para realmente promover a conectividade no ambiente da saúde.

2.2 Projetos que usam DICOM

A seguir, estão descritos resumidamente alguns exemplos do uso do padrão DICOM em projetos reais.

2.2.1 Projeto CPR

Este projeto descreve um prontuário do paciente composto por dados multimídia desenvolvido para o Brigham and Women's Hospital, na cidade de Boston, MA, EUA [HANLON&FENNER,1995]. O trabalho citado não fornece detalhes sobre o estágio de desenvolvimento, mas descreve as características técnicas para implementação do prontuário eletrônico multimídia. O CPR (*Computer-based Patient Medical Record*) deve conter todas as informações relevantes do paciente, a qualquer tempo, permitindo o acesso autorizado. Os dados podem ser texto, imagem, vídeo, áudio, documento, entre outros. Os aspectos técnicos envolvem aquisição, armazenamento, transmissão e visualização destas informações de maneira eficiente, integrando os dados do paciente.

O projeto CPR enfatiza a necessidade do uso de padrões e ressalta a importância do padrão DICOM para o gerenciamento das imagens de forma integrada com o sistema de informação do hospital. Indica a arquitetura cliente-servidor, o uso de sistemas abertos, escalonáveis, para integrar diferentes plataformas de hardware, sistema operacional e protocolo de rede. Os dados do paciente ficam centralizados em repositórios de dados. O armazenamento dos dados no repositório é processado e as informações são recuperadas através de implementações usando comandos HL7. O repositório deve ter o comportamento de um servidor DICOM, servidor este que armazena os arquivos no formato DICOM e disponibiliza informações sobre os dados armazenados através de mensagens solicitadas por aplicações clientes.

2.2.2 Projeto MIMOSA

O projeto desenvolvido em instituições de ensino da França e Reino Unido chamada de modelo MIMOSA (*Medical Image Management in an Open Systems Architecture*) [GIBAUD et al,1998], representa a integração entre PACS e SIH,

através da padronização do gerenciamento de imagens médicas. A contribuição do modelo estruturado do MIMOSA possui dois aspectos relevantes:

1. O modelo lista e estrutura conceitos e recursos envolvidos para disponibilizar imagens aos usuários quando e onde necessitarem, e descreve a interação entre os componentes PACS e SIH, o modelo descreve os componentes de um PACS e a estrutura lógica de como integrá-los;
2. O modelo mostra a relevância do padrão DICOM no gerenciamento das imagens, ressaltando algumas limitações e propondo soluções.

Propõe uma arquitetura de software em três camadas, onde a primeira camada, corresponde ao ambiente local, considerando os equipamentos disponíveis; uma segunda camada de adaptação, que funciona como uma interface entre a primeira e a terceira. A terceira camada de software é genérica e portátil, e implementa o sistema de gerenciamento de imagens médicas do modelo MIMOSA.

2.2.3 PACS do Hospital Universitário de Genebra

O Hospital Universitário de Genebra¹⁶ desenvolveu um PACS baseado em uma arquitetura aberta e distribuída, adotando *UNIX* como sistema operacional, TCP-IP como protocolo de rede e banco de dados distribuído, baseado em SQL (*Standard Query Language*). Faz parte do sistema de informação do hospital, chamado DIOGENE. O PACS apresenta um formato padrão de armazenamento de imagem chamado *Papyrus*, baseado no padrão DICOM da ACR-NEMA. Para manter uniformidade na visualização e manipulação das imagens foi desenvolvida uma plataforma comum chamada Osiris, escrito em linguagem orientada a objetos (C++). O PACS de Genebra é baseado em uma arquitetura distribuída, com arquivos hierárquicos de imagens e dados relacionados em vários servidores. A arquitetura modular permite que diferentes módulos possam ser implementados progressivamente.

¹⁶ <http://www.expasy.ch/UIN/html1/projects/pacs/pacs.html>, 18/11/1999.

2.2.4 Projeto TeleMed

O *National Jewish Center for Immunology and Respiratory Medicine* da cidade de *Denver*, Colorado, tem trabalhado em conjunto com o *Los Alamos National Laboratory* em um sistema de telemedicina chamado TeleMed¹⁷, que possui uma base distribuída de registros de pacientes e radiografias que pode ser acessada de qualquer parte do país. Os dados podem ser visualizados simultaneamente em dois ou mais locais diferentes para consulta com especialistas de diferentes campos, usando dispositivos multimídia. O projeto adotou tecnologia CORBA, para permitir a troca de informações de saúde de forma distribuída entre origens e destinos, criando interfaces padronizadas, para obter compatibilidade entre os produtos da indústria. O uso de interfaces padrão permite a criação de um conjunto de componentes interoperáveis para a área da saúde.

2.2.5 Projeto DICAS

O projeto DICAS implementa o serviço DICOM para armazenamento e recuperação de dados, o *DICOM Query/Retrieve and Store Service Classes*. É a proposta da Universidade do Arizona, que implementa um serviço que encapsula o conjunto de dados do padrão DICOM usando a linguagem *Java* sobre a arquitetura CORBA, chamado *DICOM Adapter Service* (DICAS) [MARTINEZ et al,1998]. A proposta do projeto DICAS é fornecer uma visão simplificada do modelo de informação DICOM permitindo o acesso às imagens médicas e informações relacionadas implementando as classes do serviço de pesquisa, recuperação e armazenamento do DICOM. O projeto cita a implementação e não faz referência de um modelo de objetos relacionado.

2.2.6 Projeto DICOM tool kit

Outro trabalho multi-institucional (*Computer Vision Center e Fundació d'Investigació Sant Pau*, Espanha e *Institute for Information Transmission Problems*, Rússia) é a criação de um conjunto de objetos para a validação de um sistema de consulta remota de seqüências de imagens cardiovasculares [VON LAND

¹⁷ Telemed. Los Alamos National Laboratory (LANL) <http://www.acl.lanl.gov/telemed>, 18/11/1999.

,1999] que é parte de um projeto da comunidade européia. Utiliza o paradigma de orientação a objetos, enfatizando o reuso e a confiabilidade do objeto, porém, adaptando-se à abordagem relacional do padrão DICOM. Os objetos podem ser usados em outras aplicações através de API (*Application Programmer's Interface*) ou *DLL* (*Dynamic Link Library*) e permitem a codificação e decodificação dos elementos de dados, ordenação de bytes, imagens compactas encapsuladas e construção de conjuntos de dados de acordo com o padrão DICOM. Tais objetos oferecem mais simplicidade nas implementações orientadas a objetos e mantêm compatibilidade com o padrão atual do DICOM.

2.2.7 Projeto ARTEMIS

ARTEMIS [REDDY et al,1997], desenvolvido pela *Concurrent Engineering Research Center* (CERC) e *Valley Health Systems*, Virginia, é um dos primeiros sistemas a explorar tecnologias de Internet/Intranet para troca de informações de paciente entre provedores de saúde.

Emprega tecnologias como linguagem de programação *Java* e *Javascript* com entrada e saída de dados com interface *Web*¹⁸, utilizando *browser*¹⁹, e *middleware* padrão CORBA para integrar os servidores. A tecnologia Web permite padronização independente de plataforma e facilidade de operação para o usuário final.

2.2.8 Projeto MINDscape

Outro projeto que utiliza tecnologia Web é o MINDscape [STUART ,1998], desenvolvido pela Universidade de Washington. Trata-se de um repositório de imagens médicas de diversas modalidades armazenadas em um servidor DICOM que podem ser acessadas por pesquisa em CGI (*Common Gateway Interface*) ou conectando o servidor de imagens usando ODBC (*Open Data Base Connection*) ou comandos SQL .

¹⁸ *Web* – o mesmo que WWW (*World Wide Web*), ou seja interface que é apresentada em um *browser*, implementada dentro dos conceitos da tecnologia da Internet.

¹⁹ *Browser* – sistema informatizado que permite acessar a Internet.

2.2.9 Projeto PACS-web

No Hospital Universitário da Pensilvânia [GREVERA et al,1999], Philadelphia, foi implementada uma interface Web para acessar PACS-DICOM, o qual permite aos usuários selecionar, mover e mostrar imagens disponíveis no PACS e visualizar os relatos radiológicos correspondentes, através de um browser. Um formulário HTML (*Hyper Text Markup Language*), com implementação em CGI, submete uma pesquisa para um programa desenvolvido em linguagem C, executado em um servidor Unix. Este programa verifica a autenticidade do usuário e comunica-se com os arquivos através de requisições para determinar qual paciente atendem ao critério pesquisado. O retorno pode ser o estudo de um paciente específico ou uma série e o usuário pode escolher para ver o diagnóstico e as imagens. As imagens selecionadas são transformadas para o formato GIF (*Graphical Interchange Format*) e mostradas no browser. Se houver laudo associado às imagens, este também é mostrado.

2.2.10 Projeto RIS/DR

O trabalho descrito em Garland [GARLAND et al,1999] apresenta a integração do sistema de radiologia (RIS-*Radiology Information System*) com a modalidade de radiografia digital (DR-*Digital Radiography*) através de uma interface Web. A integração entre equipamentos DICOM é feita através da implementação das classes SOP definidas por *Modality Performed Procedure Step - Service Object Pair* (MPPS-SOP), classes que representam os passos para os procedimentos realizados de acordo com a modalidade. O resultado apresentado trouxe um aumento considerável na precisão e rapidez de prontidão das informações para o sistema de radiologia

Capítulo 3

Fundamentação teórica

Um modelo de informação procura mostrar de forma gráfica os conceitos relacionados a determinado assunto. Conforme descrito no glossário apresentado pelo *CEN Health Informatics*¹, *European Committee for Standardization - Technical Committee for Health Informatics* – CEN-TC251, “um modelo de informação é a construção de modelos abstratos para desenvolver um sistema abstrato.”

Neste capítulo é apresentado o Modelo de Informação do padrão DICOM, com seus atributos e relacionamentos definidos. As próximas seções, descrevem a estrutura do padrão DICOM, com a descrição do modelo de informação original e do estendido. Ambos serviram como base para a definição do modelo proposto.

Outro ponto abordado é o processo de modelagem orientada a objetos, apresentando-se os fundamentos e aplicações do paradigma de objetos. Procura-se aproximar os conceitos do contexto exposto sobre o padrão DICOM e apresentar uma visão geral da tecnologia de componentes, que promete trazer muitos benefícios para o desenvolvimento de sistemas informatizados.

3.1 Padrão DICOM

O padrão DICOM envolve todo o processo de diagnóstico por imagem, abordando várias modalidades de exames. Trata-se de uma especificação completa. A seguir, apresenta-se o histórico, estrutura e documentação do padrão DICOM, com

¹ <http://www.centc251.org>.

uma visão geral das características definidas. Também foram incluídos os modelos de informação que representam as entidades do mundo real especificadas pelo padrão e que serviram como base para o modelo proposto neste trabalho.

3.1.1 Histórico

Nos anos 80, torna-se claro para radiologistas e indústrias de equipamentos de imagens médicas o grande crescimento dos sistemas de aquisição, visualização, armazenamento e sistemas de informação de radiologia, onde a conectividade e a interoperabilidade de todos os equipamentos tornou-se vital. Para simplificar e permitir conectividade, os profissionais da área médica unem esforços com a indústria para desenvolver o padrão DICOM, originalmente definido como padrão *American College of Radiology – National Electrical Manufacturers Association for Digital Imaging and Communications in Medicine*, e agora mantido por um comitê de múltiplas especialidades, o *DICOM Standards Committee*. Também foi adotado pela associação das indústrias japonesas, JIRA (*Japanese Industry Association for Radiation Apparatus*)².

A padronização começou em 1982, e a versão 1.0 surgiu em 1985. Porém não teve grande aceitação por apresentar muitos erros. Em 1988 surgiu a versão 2.0, e nesta época o mercado necessitava de comunicação através de rede. A versão 2.0 acabou ficando limitada pois não tinha suporte para rede. Em 1989 surgiram os primeiros resultados para implementação das características de rede para integração entre HIS e o setor de radiologia. Em 1992, o DICOM começou a ser remodelado e a primeira publicação surgiu em 1993, com um total de nove partes. Nos anos seguintes, 1994 e 1995 foram acrescentadas as partes 10, 11, 12 e 13 [HINDEL, 1994].

Atualmente o padrão DICOM está na versão 3.0, onde a estrutura e os procedimentos que controlam a entrada e saída dos sistemas de imagens médicas estão descritos em linguagem técnica em 14 partes e 47 Suplementos³, disponibilizados pelo ACR-NEMA [ACR-NEMA, 1998]. A documentação apresentada pelo ACR-NEMA para especificar o DICOM segue as normas internacionais da

² The ACR-NEMA Standard Homepage. http://www.xray.hmc.psu.edu/dicom/dicom_home.html

ISO/IEC *Directives*, de 1989 *Part 3 – Drafting and Presentating of International Standards* (ISO 8822, 8649)⁴.

3.1.2 Estrutura do padrão DICOM

A estrutura do padrão DICOM é apresentada pelas partes que compõem atualmente a documentação do padrão, seguida pela forma como o DICOM provê a interoperabilidade entre equipamentos diferentes, através de uma visão geral do padrão e o sistema de identificação definido pelo padrão. Optou-se por manter os termos em inglês, conforme a versão original, e utilizar a notação dos diagramas apresentados para explicar os aspectos técnicos do DICOM relacionados ao modelo de informação. Os termos como entidade, objeto DICOM e IOD, que será explicado mais adiante, foram mantidos de acordo com a documentação.

O padrão DICOM é dividido em diversas partes, onde cada parte descreve com detalhes um tópico, como assuntos relacionados com rede e mídia. Atualmente as partes são⁵:

- Parte 1 : *Introduction and Overview* – apresenta o padrão, o escopo coberto pelo padrão e uma introdução às nove primeiras partes, visto que as outras três partes foram criadas posteriormente. Apresenta uma visão geral do padrão e as ligações entre as outras partes.
- Parte 2 : *Conformance* – descreve o processo de criação de um documento chamado *Conformance Statement*, um documento que descreve as adaptações e o conteúdo que está implementado em cada equipamento padronizado com a estrutura do DICOM.
- Parte 3 : *Information Object Definitions* – descreve o modelo de informação do padrão DICOM. Apresenta os atributos e objetos, como paciente, estudo e imagens. Esses objetos podem operados pelas classes de serviços especificadas pela parte 4.

³ DICOM Status Standard – Public (<http://idt.net/~dclunie/dicom-status/status.html>), 20/12/99.

⁴ International Systems Organization. Site: <http://www.iso.org>, 20/12/99.

⁵ A descrição e maiores detalhes de cada parte pode ser obtida através da especificação padrão do DICOM encontrada em [ACR-NEMA, 1998], na parte 1 e nas demais partes correspondentes.

- Parte 4 : *Service Class Definitions* – especifica as classes de serviços que são operações realizadas sobre as instâncias dos objetos definidos na parte 3. Esses serviços incluem armazenamento de imagens, recuperação e impressão.
- Parte 5 : *Data Structures and Semantics* – especifica o formato como os dados são agrupados para que possam ser trocados através das mensagens definidas na parte 4.
- Parte 6 : *Data Element Listing and Typing* – define as estruturas individuais dos atributos que representam o conteúdo das instâncias dos objetos definidos na parte 3 e agrupados na parte 5.
- Parte 7 : *Message Exchange Protocol* – especifica as operações e protocolos usados para troca de mensagens. Essas operações são usadas para complementar as mensagens definidas na parte 4.
- Parte 8 : *Network Support* – define os serviços e protocolos usados para troca de mensagens, definidas na parte 7, diretamente em redes OSI ou TCP-IP.
- Parte 9 : *Point-to-Point Support* – define os serviços e protocolos usados para troca de mensagens, definidas na parte 7, diretamente em interfaces DICOM 50-pin (um tipo de conector). Esta parte foi retirada, em função deste tipo de conexão estar em desuso. Essa parte foi substituída pelas partes 10, 11, 12 e 13.
- Parte 10 : *Media Storage and File Format* – padroniza uma arquitetura aberta e completa para mídia de armazenamento, incluindo definições genéricas para formato de arquivo, serviço básico de arquivo e políticas associadas ao diretório. Esses três conceitos são grandes barreiras para interoperabilidade.
- Parte 11 : *Media Storage Application Profiles* – padroniza um conjunto de escolhas relacionadas a necessidades clínicas específicas, como seleção do meio físico de comunicação ou formato de mídia. O objetivo é garantir a interoperabilidade entre implementações que utilizam o mesmo perfil de aplicação (*Application Profile*). A intenção desta parte é desenvolver necessidades clínicas como mídia de armazenamento.

- Parte 12 : *Media Formats and Physical Media* – define um conjunto de meios físicos e formatos de mídia correspondentes. Essas definições são referenciadas por um ou mais perfis de aplicação, definidos na parte 11. A intenção desta parte é desenvolver tecnologias relacionadas com o meio físico.
- Parte 13 : *Print Management Point-to-Point* – descreve as informações trocadas entre dois dispositivos para permitir a impressão de imagens em filme ou papel.
- Parte 14 : *Grayscale Display Function Standard* – descreve o processo de padronização da visualização das imagens em tons de cinza. Esta parte ainda não foi liberada para o acesso público, por estar sendo incluída na especificação padrão.

A parte 3 descreve a estrutura do objeto DICOM, em cujo escopo está concentrado o foco deste trabalho. As especificações podem ser obtidas através da Internet no servidor Web da ACR-NEMA ou podem ser adquiridas em versão impressa. O padrão DICOM ainda não está estabilizado, podendo sofrer alterações e inclusão de novos suplementos.

O escopo deste trabalho explora a parte 3, que descreve o modelo de informação do DICOM, com seus atributos, e a parte 6, que descreve os atributos do padrão através do dicionário de dados.

3.1.3 Visão geral do padrão DICOM

Com o padrão DICOM embutido nos equipamentos de imagens médicas, um dispositivo pode ser conectado diretamente com outros equipamentos compatíveis com DICOM, eliminando a necessidade de interfaces personalizadas. A própria implementação do padrão DICOM funciona como interface e permite que uma imagem adquirida em um equipamento de um fabricante possa ser visualizada em um equipamento de outro fabricante.

Inicialmente, o padrão DICOM foi desenvolvido para resolver problemas de interoperabilidade e conectividade na área de radiologia, mas hoje define outras modalidades de imagens médicas, como pode ser visto na parte 3. As modalidades especificadas são cinco:

- tomografia computadorizada (CT);
- imagem por ressonância magnética (MR ou MRI);
- radiografia computadorizada (CR);
- ultra-som (US) e,
- medicina nuclear (MN).

Além dessas, digitalizadores, filmes de vídeo digital, fotografia digital, etc. são indicadas como captura secundária (SC) [PARISOT,1994].

O padrão DICOM pode ser aplicado em cinco áreas distintas: [BIDGOOD ,1996] gerenciamento das imagens através da rede, interpretação das imagens via rede, gerenciamento de impressão em rede, controle dos procedimentos operacionais executados e gerenciamento de mídia de armazenamento. Assim, pode-se afirmar que o padrão DICOM é capaz de:

1. Transferir imagens via rede – permite enviar objetos como imagens e planos de radioterapia, pesquisando dispositivos remotos e recuperando estes objetos.
2. Gerenciamento on-line de estudos de imagens – permite dispositivos de rede integrar com vários sistemas de informação como SIH, RIS, sistema de arquivos, etc.
3. Gerenciamento de impressão em rede – permite imprimir imagens, controlando resolução e tipo de material impresso.
4. Intercâmbio de mídia aberta – permite trocar objetos manualmente e informações relacionadas. DICOM padroniza o formato de arquivo, o diretório médico, e a mídia física de armazenamento.

O padrão DICOM especifica um protocolo não proprietário de troca de dados, formato de imagens e estrutura de arquivos para imagens médicas e informações relacionadas às imagens. DICOM define o formato e o fluxo de mensagens eletrônicas com imagens e informações correspondentes trocadas entre computadores.

A adoção de equipamentos padronizados permite a escolha entre múltiplos vendedores, com a garantia de interoperabilidade. Cada equipamento projetado com as especificações DICOM, configurado e usado adequadamente, ou seja, um equipamento com interface DICOM pode se comunicar com outro equipamento

DICOM, trazendo liberdade de escolha entre os fabricantes de equipamento de aquisição de imagens médicas.

O padrão DICOM fornece informações detalhadas que podem ser usadas na especificação de interfaces para viabilizar a comunicação entre os fabricantes de equipamentos de imagens médicas. O padrão descreve como formatar e trocar imagens médicas e informações associadas, dentro e fora do hospital (teleradiologia, telemedicina, etc.). DICOM é compatível como protocolo de comunicação TCP-IP (*Transmission Control Protocol – Internet Protocol*), o que permite às aplicações DICOM comunicarem-se através da Internet.

Interfaces DICOM permitem conectar qualquer combinação de categorias dos dispositivos de imagem digital: equipamento de aquisição (tomografia computadorizada, imagem de medicina nuclear, radiografia computadorizada e ultra-sonografia), arquivo de imagens, estações de trabalho (para processamento e visualização de imagens) e dispositivos de saída, como impressões em papel ou filme fotográfico.

Outro padrão de troca de dados da área da saúde especifica um modelo de mensagem, o HL7, mas fornecem somente um subconjunto de propriedades que implicam em interoperabilidade. O padrão HL7 [HL7, 1994] especificação abreviada para comunicações em rede. O documento *Request and Report Messages for Diagnostic Service Department*, do comitê CEN/TC 251/PT3-022 (*European Standardization Committee: Technical Committee for Healthcare, Project Team 22*) [CEN-TC251, 1995], especifica um modelo de dados semântico e um modelo baseados em regras de composição de mensagens, porém somente de forma parcial, para troca de documentos eletrônicos. Muitas características relacionadas à forma de comunicação não estão descritas nas especificações HL7 e CEN/TC 251, fazendo com que os fabricantes dependam de uma negociação bilateral entre os vendedores de sistemas de informação. DICOM permite uma interoperabilidade de forma prática, pois cada fabricante publica a forma e o escopo da implementação DICOM, através do *conformance statement*. Portanto, o HL7 não substitui o DICOM.

O *Conformance Statement* é o acordo divulgado em um documento que acompanha o equipamento DICOM expondo uma estrutura dentro da qual uma classe de problemas é resolvida [PRIOR, 1994]. Como o DICOM é bastante amplo,

cada implementação define um conjunto de funções e elementos opcionais e divulga tais definições através de um documento padronizado. A parte 2 do DICOM mostra como preparar o *Conformance Statement*.

DICOM é baseado em um modelo de objetos, onde os objetos são representados por entidades que simbolizam o mundo real, como pacientes, imagens, relatos, diagnósticos, exames, modalidades, etc. Os objetos são definidos de forma abstrata com atributos, que representam as características comuns e que têm um nome e um valor, e por operações, que representam a interação entre os objetos.

As classes SOP (*Service Object Pair*) representam a unidade elementar de comunicação definidas pelo DICOM. Especificando uma classe SOP para a qual uma implementação deve adaptar-se e a função que o dispositivo deve desempenhar, é possível definir um conjunto preciso e sem ambigüidade de funcionalidades DICOM incluindo os tipos das mensagens que serão trocadas, os dados transferidos em tais mensagens e o contexto semântico dentro do qual os dados deverão ser entendidos.

O padrão DICOM foi definido para um ambiente cliente/servidor. O relacionamento entre cliente e servidor é regulamentado através de regras definidas pelo *Service class*. Dependendo do contexto, o mesmo objeto DICOM (um equipamento, por exemplo) pode exercer o papel de cliente (SCU – *Service Class User*) ou de servidor (SCP – *Service Class Provider*) [RENET,1997]. Um *Service class* descreve as informações e operações realizadas entre os objetos relacionados, combinando em definições de classe chamadas de *Service Object Pair Class* ou *SOP class*. Cada definição de classe SOP descreve um único IOD (*Information Object Definition*) combinada com um ou mais serviços. Várias classes SOP podem existir em cada *Service class*, representando o relacionamento entre as informações existentes em diferentes IODs. Um dispositivo pode, para uma classe SOP em particular, servir um dos dois papéis: na função de *Service Class Provider* (SCP), o dispositivo fornece os serviços da classe SOP, ou na função de *Service Class User* (SCU), usa os serviços. Além disso, para cada combinação de classe SOP e função, o padrão define um conjunto básico de comportamentos que governam a comunicação, como, por exemplo qual é o dispositivo que inicia a conversação.

O padrão DICOM fornece uma infra-estrutura de comunicação para implementar os serviços DICOM. Estes serviços dividem-se em dois grupos:

composite e *normalized*. Os serviços do tipo *composite* foram projetados para compatibilidade com as versões anteriores do padrão ACR-NEMA. Eles foram originalmente implementados para armazenamento, pesquisa, recuperação e transferência de imagens. Por questões de segurança, foi omitido intencionalmente um comando para atualizar a imagem. Os serviços do tipo *composite* são usados na interpretação dos dados. Como a alteração não é permitida, o relato da interpretação da imagem é feito em um novo documento.

Os serviços do tipo *normalized* foram projetados para fornecer funcionalidades de gerenciamento das informações. Os serviços *normalized* suportam as operações básicas de gerenciamento de informações: criar, excluir, atualizar e recuperar, além de operações como “imprimir uma folha de filme” ou serviços de notificação são especificados.

Um IOD é dito normalizado (*Normalized Information Object*) quando se refere à uma única classe de entidades do mundo real. Quando um IOD agrega informações de entidades do mundo real que estão relacionados é chamado de IOD composto (*Composite Information Object*). O padrão não apresenta uma definição clara de objetos normalizados, informando que definições restritas poderiam resultar em complexidade desnecessária redução de performance em várias aplicações⁶. Este trabalho concentra-se na definição e modelagem de objetos compostos, especificamente no *Composite Image IOD*.

3.1.4 Sistema de identificação do DICOM

A especificação padrão definida pelo DICOM permite que os procedimentos sejam parametrizados para cada instituição de saúde, através de uma codificação tripla conceituada como *Triplet Encode*. Este conceito utiliza três códigos para representar dados estruturados de forma padronizada:

- um código para definir o esquema de código usado (representado por *Coding Scheme Designator (0008,0102)*;
- um valor do esquema de código usado (representado por *Code Value (0008,0100)* e

- uma tradução textual do valor do código usado (representado por *Code Meaning* (0008,0104).

Esta codificação é compatível com o documento *ANSI HISPP MSDS⁷ Common Data Types* e permite a padronização dos dados com a opção de escolher a forma de codificação.

O *Code Value* é um identificador único que pode ser lido e pesquisado de forma não ambígua com o *Coding Scheme*.

O *Coding Scheme Designator* identifica de forma única a tabela (*Coding Scheme*) onde o *Code Value* é ligado ao seu *Code Meaning* (ver anexo D, parte 3 da especificação padrão [ACR]).

Cada instância que precisa ser agrupada em uma sequência é referenciada pelo padrão através de uma instância da entidade *Sequence*. Cada valor da sequência é único e permite a referência para os dados relacionados.

3.1.5 Modelo de Informação DICOM

O Modelo de Informação DICOM define a estrutura e organização de informações relacionadas à comunicação de imagens médicas. A Figura 3.1 mostra o relacionamento entre as partes principais do modelo.

⁶ Para maiores informações recomenda-se ver a seção 6.1.2 – *Normalized IOD* da parte PS 3.3 da especificação do padrão DICOM.

⁷ *ANSI – American National Standards Institute*, organização americana de padronização de informações para integração de sistemas. *HISPP – Healthcare Information Standard Planning Panel*, grupo para padronização da informação na área da saúde. *MSDS – Healthcare Message Standard Developers Sub-committee*, sub-comitê que padroniza a troca de mensagens.

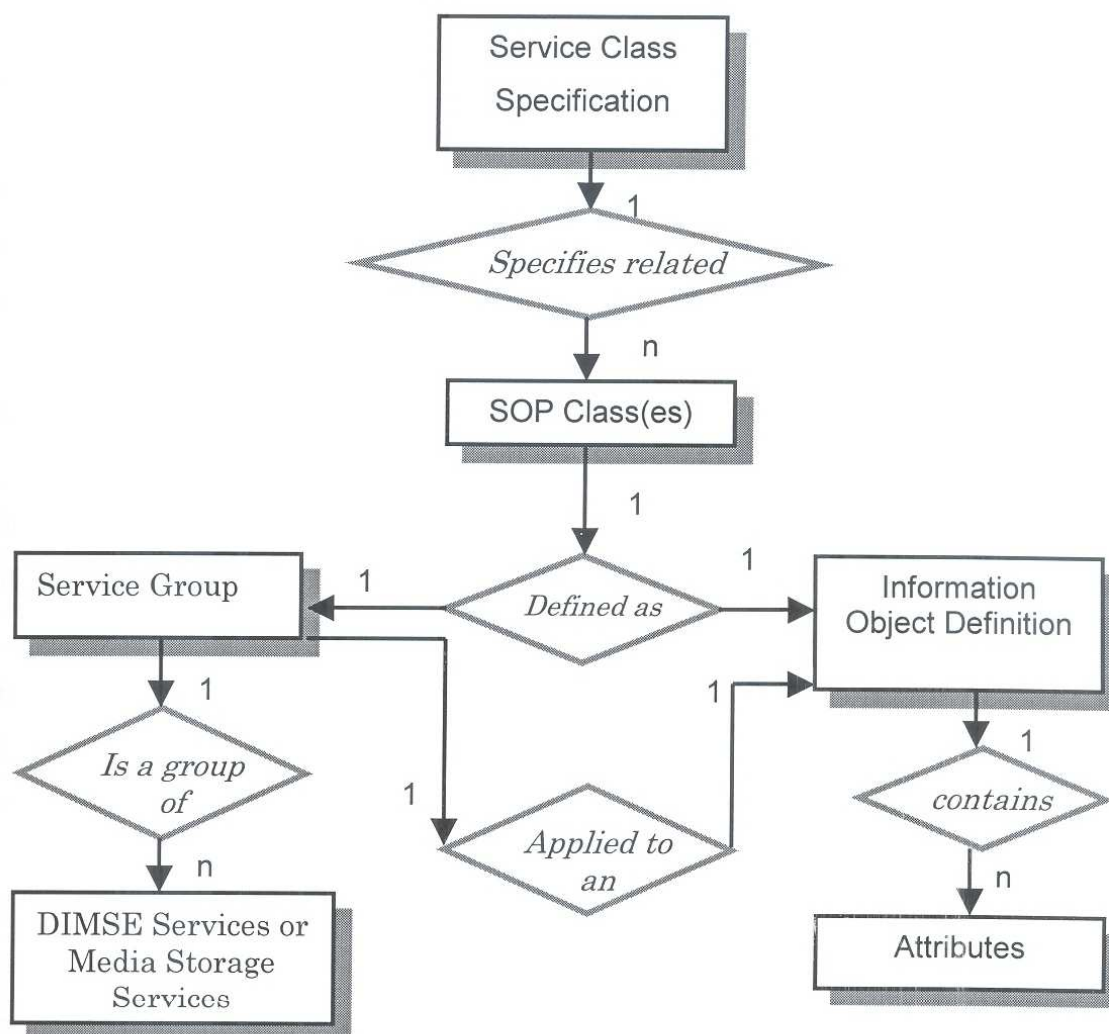


Figura 3.1 - Principais Estruturas do Modelo de Informação DICOM

Entidades do mundo real como imagens, procedimentos, ou relatórios de interpretação, são representados no modelo de dados semântico do DICOM por modelos de atributos. A especificação formal destes modelos está documentada no DICOM como um IOD. Cada IOD é uma descrição abstrata de uma classe de entidades. Uma *SOP Class* especifica a comunicação de um IOD e um conjunto de mensagens para um determinado propósito. As classes SOP são especificadas de acordo com o tipo de serviços que utilizam (*normalized* ou *composite*).

O modelo de informação do DICOM [HORII et al, 1992] é mostrado através de relacionamentos entre as entidades e a hierarquia dos elementos de informação. O Modelo de Informação DICOM é expresso através de um conjunto de entidades e serviços que representam objetos do mundo real. Os objetos abordados pelo padrão DICOM chamados de IOD, e correspondem à definição das características comuns

dos objetos instanciados, através dos valores dos atributos. Os serviços são especificações genéricas, como “localizar equipamento”, “armazenar imagem”, “obter informação do paciente”, etc. e são associados aos objetos definidos. Esses serviços são implementados no DICOM usando construções conhecidas como operações e notificações. Existe um conjunto de operações, chamadas e notificações genéricas denominadas DIMSE (*DICOM Message Service Elements*). A combinação de um IOD com tais serviços é chamada de SOP, ou *Service-Object Pair*. Um IOD pode ser usado com um conjunto de serviços, e o resultado é uma classe SOP.

A especificação das chamadas classes de serviço (*Service class*), têm como função principal especificar um ou mais pares de serviços e objetos (*SOP class*) do padrão DICOM. Cada *SOP class* é definida como uma definição de objeto, ou seja um IOD, ou como um grupo de serviço, ou *Service Group*. Os serviços referem-se ou solicitam dados aos IOD's. Cada grupo de serviços é um grupo de um ou mais serviços de mensagem DICOM (*DIMSE*) ou de mídia de armazenamento (*Media Storage*). Cada IOD, por sua vez, contém um ou mais atributos.

É na classe SOP que estão definidas regras para comunicação. Se ambos os parceiros concordam com as regras definidas na classe SOP e negociam os protocolos de acordo com o tipo de troca escolhida: rede ou mídia. Usando as regras definidas no *Service Class*, parceiros podem trocar informações em um ambiente de processamento distribuído.

Parte de uma classe SOP é um IOD. Um IOD é uma coleção de informações relacionadas com objetos do mundo real, chamadas de entidades de informação (ou IE – *Information Entity*). Cada entidade contém informações sobre itens do mundo real como paciente, uma imagem, etc.

O relacionamento entre as informações das entidades diferentes é descrito através do Modelo de Informação que pertence a uma *Service Class*. Quando um IOD é normalizado, não necessita de um modelo de informação, mas quando se trata de um IOD composto, o modelo de informação mostra o relacionamento entre as entidades de informação referenciadas.

Quando as informações de determinadas entidades estão relacionadas o padrão DICOM mostra tais informações agrupadas em módulos, de acordo com o contexto semântico que apresentam, denominados de IOM (*Information Object*

Modules). Cada módulo descreve informações relacionadas e são agrupadas de tal forma que possam ser usadas por mais de um IOD.

A seguir, apresenta-se uma descrição dos outros módulos especificados no padrão DICOM, com as referências de onde são encontrados.

➤ **Módulo paciente**

Os módulos estão relacionados com o gerenciamento do paciente dentro do processo de diagnóstico por imagem.

O módulo do paciente é composto pelos módulos abaixo relacionados e todos os atributos dos módulos foram utilizados no processo de modelagem.

Tabela 3.1 – Módulos que especificam gerenciamento do paciente.

Módulo	Descrição	Ref. Documentação DICOM
<i>Patient Relationship Module Attributes</i>	Define os atributos que referenciam instâncias de outras entidades com o paciente.	PS3.3 –Tabela C.2.1 – pg. 78
<i>Patient Identification Module Attributes</i>	Descreve os dados relevantes para identificar o paciente.	PS3.3 – Tabela C.2-2 – pg. 79
<i>Patient Demographic Module Attributes</i>	Define os atributos relevantes para descrever o paciente.	PS3.3 – Tabela C.2-3 – pg. 80
<i>Patient Medical Module Attributes</i>	Define o estado atual do paciente ou o seu histórico.	PS3.3 – Tabela C.2-4 – pg. 81

➤ **Módulo visita**

O módulo visita corresponde ao atendimento do paciente em uma instituição de saúde. Este módulo representa informações relevantes de histórico do paciente que geralmente é responsabilidade do SIH. Embora este módulo não esteja sendo abordado no modelo proposto, está sendo descrito para facilitar a compreensão dos outros módulos.

Tabela 3.2 – Módulos que especificam gerenciamento da visita do paciente.

Módulo	Descrição	Ref. Documentação DICOM
<i>Visit Relationship Module Attributes</i>	Define os atributos que referenciam instâncias de outras entidades com a visita.	PS3.3 –Tabela C.3.1 – pg. 82
<i>Visit Identification Module Attributes</i>	Descreve os dados relevantes para identificar a visita.	PS3.3 – Tabela C.3-2 – pg. 82

<i>Visit Status Module Attributes</i>	Define os atributos relevantes para descrever a situação em que se encontra a visita: agendada, realizada, paciente internado, paciente liberado, etc..	PS3.3 – Tabela C.3-3 – pg. 83
<i>Visit Admission Module Attributes</i>	Define atributos relevantes para admissão do paciente à instituição de saúde.	PS3.3 – Tabela C.3-4 – pg. 83
<i>Visit Discharge Module Attributes</i>	Define atributos relevantes para liberação do paciente da instituição de saúde.	PS3.3 – Tabela C.3-5 – pg. 84
<i>Visit Scheduling Module Attributes</i>	Define atributos relevantes para agendar a visita do paciente à instituição de saúde.	PS3.3 – Tabela C.3-6 – pg. 84

➤ Módulo estudo

Os módulos do estudo especificam dados relevantes para o processo de diagnóstico por imagem de acordo com as necessidades do mundo real. Todos estes módulos são abordados no processo de modelagem proposto neste trabalho, menos o módulo que trata da dosagem de radiação (*Radiation Dose Module Attributes*).

Tabela 3.3 – Módulos que especificam gerenciamento do estudo.

Módulo	Descrição	Ref. Documentação DICOM
<i>Study Relationship Module Attributes</i>	Define os atributos que referenciam instâncias de outras entidades com o estudo.	PS3.3 –Tabela C.4.1 – pg. 85
<i>Study Identification Module Attributes</i>	Descreve os dados relevantes para identificar o estudo.	PS3.3 – Tabela C.4-2 – pg. 85
<i>Study Classification Module Attributes</i>	Define os atributos relevantes para classificar o estudo de acordo com a situação (criado, agendado, realizado, etc.) e com a prioridade a situação em que se encontra a visita: agendada, realizada, paciente internado, paciente liberado, etc..	PS3.3 – Tabela C.4-3 – pg. 86
<i>Study Scheduling Module Attributes</i>	Define atributos importantes para agendar o estudo.	PS3.3 – Tabela C.4-4 – pg. 87
<i>Study Acquisition Module Attributes</i>	Define atributos relevantes para o processo de aquisição do estudo, como dados temporais.	PS3.3 – Tabela C.4-5 – pg. 88
<i>Study Read Module Attributes</i>	Define atributos como data, hora e médico responsável pela leitura do estudo.	PS3.3 – Tabela C.4-6 – pg. 88

<i>Study Component Module Attributes</i>	Define atributos que identificam os dados que compõem cada item solicitado ou realizado em um estudo.	PS3.3 – Tabela C.4-7 – pg. 89
<i>Study Component Relationship Module Attributes</i>	Descreve os atributos que identificam e relacionam os componentes do estudo.	PS3.3 – Tabela C.4-8 – pg. 90
<i>Study Component Acquisition Module Attributes</i>	Define atributos relevantes para o processo de aquisição do item mencionado, como procedimentos realizados e o responsável, situação do estudo, etc.	PS3.3 – Tabela C.4-9 – pg. 90
<i>Scheduled Procedure Step Module Attributes</i>	Descreve os atributos para agendar cada passo dos procedimentos solicitados, inclusive com o registro de pré-medicação, agentes de contraste, etc..	PS3.3 – Tabela C.4-10 – pg. 91
<i>Requested Procedure Module Attributes</i>	Define atributos para indicar os procedimentos solicitados, a razão para a requisição, entre outros dados do estudo.	PS3.3 – Tabela C.4-11 – pg.91
<i>Imaging Service Request Module Attributes</i>	Definem atributos para registrar o processo de solicitação de serviço, como médico solicitante, dados temporais da requisição, contato para informações adicionais, etc.	PS3.3 – Tabela C.4-12 – pg.93
<i>Performed Procedure Step Relationship Module Attributes</i>	Descrevem os atributos para relacionar os procedimentos executados aos dados do paciente, dados da requisição e das ações executadas para cada procedimento.	PS3.3 – Tabela C.4-13 – pg.94
<i>Performed Procedure Step Information Module Attributes</i>	Define atributos para registrar dados temporais dos procedimentos realizados, responsáveis, comentários e outros.	PS3.3 – Tabela C.4-14 – pg.96
<i>Imaging Acquisition Results Module Attributes</i>	Este módulo descreve a aquisição das imagens durante a realização dos procedimentos e fornece referências para séries imagens e demais entidades isoladas, através do registro das ações realizadas.	PS3.3 – Tabela C.4-15 – pg.91
<i>Radiation Dose Module Attributes</i>	Define atributos que podem ser usados para comunicar doses de radiação. Serve para aferições dos equipamentos, controle de qualidade, aspectos legais relacionados ao tempo de exposição, etc.	PS3.3 – Tabela C.4-16 – pg.98

➤ Módulo resultado

Os módulos definidos no resultado especificam as informações relevantes para o processo de diagnóstico realizado no exame do paciente. Todos esses módulos foram abordados no modelo proposto.

Tabela 3.4 – Módulos que especificam gerenciamento do resultado.

Módulo	Descrição	Ref. Documentação DICOM
<i>Results Relationship Module Attributes</i>	Define os atributos que referenciam instâncias de outras entidades com o resultado.	PS3.3 –Tabela C.5-1 – pg. 101
<i>Results Identification Module Attributes</i>	Descreve os dados relevantes para identificar o resultado.	PS3.3 – Tabela C.5-2 – pg. 101
<i>Results Impression Module Attributes</i>	Descreve os atributos que mostram os comentários sobre o resultado.	PS3.3 – Tabela C.5-3 – pg. 101

➤ Módulo de interpretação

Os módulos definidos no resultado especificam as informações importantes para a interpretação do resultado do exame do paciente de acordo com o mundo real. Todos esses módulos foram abordados no modelo proposto.

Tabela 3.5 – Módulos que especificam gerenciamento da interpretação.

Módulo	Descrição	Ref. Documentação DICOM
<i>Interpretation Relationship Module Attributes</i>	Define os atributos que referenciam instâncias com o resultado.	PS3.3 –Tabela C.6.1 – pg. 102
<i>Interpretation Identification Module Attributes</i>	Descreve os dados relevantes para identificar cada item da interpretação.	PS3.3 – Tabela C.6-2 – pg. 102
<i>Interpretation State Module Attributes</i>	Define os atributos relevantes que identificam o tipo (laudo ou anexo) e a situação (criada, registrada, transcrita e aprovada).	PS3.3 – Tabela C.6-3 – pg. 103
<i>Interpretation Recording Module Attributes</i>	Define os atributos temporais e de responsabilidade de registro da interpretação.	PS3.3 – Tabela C.6-4 – pg. 103
<i>Interpretation Transcription Module Attributes</i>	Define os atributos temporais e de responsabilidade da transcrição da interpretação.	PS3.3 – Tabela C.6-5 – pg. 104
<i>Interpretation Approval Module Attributes</i>	Descreve os responsáveis pela aprovação do laudo interpretado, registrando os dados necessários.	PS3.3 – Tabela C.6-6 – pg. 105

Embora utilize objetos e classes na representação do Modelo de Informação, o padrão DICOM não implementa o paradigma de objetos [RUMBAUGH et al,1991]. O termo objeto empregado na especificação representa um conjunto de características abstraídas de algo do mundo real, mas não permite a composição de outros objetos e não possui refinamentos como o conceito de herança. Os dados armazenados de acordo com a filosofia do DICOM estão expressos por uma estrutura de arquivos para armazenamento das imagens e dados relacionados, baseada na tecnologia relacional [SETZER,1995], com tabelas e referências de identificadores que permitem a identificação do conteúdo dos arquivos.

O Modelo de Informação DICOM é apresentado no Anexo B, com as versões do modelo original e estendido.

3.2 Imagens médicas em arquivos DICOM

Uma imagem é uma representação visual de um objeto conforme definido no documento CEN/TC251/WG4 *Sharing Medical Images and Related Clinical Information*⁸. Aborda-se, rapidamente, algumas considerações básicas sobre imagens médicas, também citadas por Brown [BROWN et al,1997].

Em medicina, geralmente as imagens são apresentadas em duas dimensões, como uma figura, embora existam modalidades com três ou mais dimensões. O objeto mostrado pode ser o paciente ou parte de um paciente, resultado de uma fotografia ou como um sinal digital. Os dados de imagens digitais armazenados em arquivos precisam ser processados para que possam ser apresentados no formato assumido pelo sistema de visualização. Nos casos mais simples, processar a imagem significa associar intensidade de luz para cada valor numérico armazenado na matriz que forma a imagem e mostrar o pixel correspondente da imagem com a intensidade associada. Em outros casos, podem ocorrer processos mais complexos como transformações lineares e geométricas, como a reconstrução de imagens a partir de outras imagens.

⁸ CEN/TC251/WG4 – <http://www.centc251.org>.

Uma imagem digital é uma imagem obtida a partir de valores digitais armazenados em uma matriz regular cujos elementos são chamados de pixels (*picture elements*). O brilho e a cor de cada pixel é determinado pelo valor do dado armazenado ou pelos valores associados com cada pixel pelo sistema de visualização.

Equipamentos de aquisição de imagem, como o tomógrafo, produzem imagens com precisão de 12 bits, representando uma faixa de valores positivos e negativos. Os sistemas de visualização não conseguem mostrar valores de intensidade negativos nem muitos matizes de cinza como podem ser armazenados em uma precisão de 12 bits (4096 tons diferentes). O olho humano consegue distinguir melhor a escala de tons de cinza entre 128 (7 bits) e 256 (8 bits) níveis.

Para aproximar os valores adquiridos com os valores que podem ser analisados pelos radiologistas são definidos valores limites para transformar a imagem em formato digital (binário). Esses limites são conhecidos como *threshold*, onde os valores abaixo do limite inferior são mostrados como zero e acima do limite superior são mostrados com o brilho máximo. Normalmente as imagens são armazenadas com precisão de 8 bits, resultantes de um processamento após a aquisição. Este fato permite a troca de dados entre equipamentos de imagem convencionais.

Em medicina, é comum o uso de imagens coloridas (cores verdadeiras), com precisão de 24 bits, assim como cores artificiais, às vezes, com aplicação de substâncias contrastantes. Na medicina nuclear, por exemplo, mostra-se o valor da densidade radioativa usando uma tabela de cores (*lookup table*) no lugar de uma escala de cinza. Geralmente tais imagens têm precisão de 12 ou 16 bits e são utilizadas técnicas de limites para visualização como as imagens em tons de cinza descritas acima. Cores artificiais também são usadas para mostrar exames de ultrassom, como padrões de velocidade do fluxo sanguíneo.

3.2.1 Estrutura do arquivo DICOM

Um arquivo no formato DICOM pode ter uma ou mais imagens. O armazenamento dos dados é especificado pelo serviço de arquivos (*Basic DICOM File Service*), apresentado na parte 10 da especificação padrão. Em geral a estrutura do

arquivo DICOM, conforme citado por Hoehn em [HOEN,1996], página 1-2. é formada por:

- a) se a informação armazenada corresponde a um único objeto DICOM (*Image Information Object*), cada arquivo contém uma única imagem;
- b) se existem múltiplas informações armazenadas como uma série, tais arquivos apresentam múltiplas imagens;
- c) se forem necessárias informações sobre diretório, então um objeto diretório (*Directory Information Object*) é definido e incluído em um arquivo conhecido como "*Master Media Directory File*". Cada mídia deve conter pelo menos um *Master Media Directory File*. Dessa forma pode-se ter os estudos de um paciente organizados por diretório, facilitando a localização dos dados e permitindo interoperabilidade.

O padrão DICOM recomenda que cada arquivo contendo informações armazenadas deve ter um cabeçalho com informações gerais ("*Meta Information*") como: sintaxe de transferência (*Transfer Syntax UID*) usada para codificar os dados do objeto, identificação da classes SOP (*SOP Class UID*), que é a identificação do IOD, identificação da instância SOP (*SOP Instance UID*), que é a informação de identificação do objeto para o restante do arquivo. A definição completa de como os dados devem ser armazenados no arquivo está descrito nas partes 3 (*Information Objects*), 5 (*Data Structure & Semantics*) e 6 (*Data Dictionary*) da especificação padrão do DICOM.

As informações especificadas pelo padrão DICOM estão organizadas em módulos semânticos em um mesmo arquivo. A Figura 3.2 apresenta um exemplo de como os dados estão armazenados no arquivo, conforme apresentado na página 41 por Revet [REJET,1997]. Como o objetivo do DICOM é a comunicação de imagens médicas cada arquivo contém uma ou mais imagens. Os demais dados são agrupados nos módulos correspondentes. Cada arquivo é identificado por uma instância SOP relacionada com a imagem. Os dados do módulo da imagem são lidos e permitem a visualização da imagem através da visualização de cada valor de pixel convertido para o respectivo tom de cinza ou cor. A mesma figura também relaciona as

entidades representadas no modelo de informação do DICOM com os dados armazenados nos arquivos.

O padrão DICOM define um número de classes SOP de imagens dependendo da modalidade em que as imagens foram criadas. Cada tipo de classe tem seu próprio conjunto de atributos para adicionar características específicas da modalidade para uma determinada imagem. Todas as imagens compartilham de um conjunto básico de atributos, como pode ser observado na Figura 3.2 e consiste dos grupos abaixo:

- atributos de identificação: *SOP class UID*, *study instance UID*, *series instance UID* e *image instance UID*;
- tipo de modalidade;
- descrição da matriz de pixel: *sample per pixel*, *rows* e *columns*;
- interpretação do valor de pixel: *photometric interpretation*;
- codificação de pixel: *bits allocated*, *bits stored*, *high bit*, *pixel representation*, *planar configuration*;
- matriz de pixel: *pixel data*.

Este conjunto mínimo de informações permite visualizar e identificar as imagens ao nível de sistema, para que tais informações possam ser referenciadas pelo Modelo de Informação do DICOM. Adicionando mais informações para os três primeiros níveis do modelo de informação (ver *Patient*, *Study*, *Series* na Figura 3.2) a imagem adquirida torna-se mais compreensível para os seres humanos e permite a visualização da imagem em equipamentos genéricos, observando-se as configurações de apresentação armazenadas no próprio arquivo (*window width*, *window center*).

referência (*Reference Value*), o comprimento do campo de dados e o conteúdo do campo de dados. Na parte 5, página 15, tabela C 6.2-1 da especificação padrão podem ser encontrados os valores de referência definidos, como o tamanho e o conjunto de caracteres possíveis.

Existem algumas implementações que incorporam novas características, mas estão baseados no padrão DICOM como é o caso do padrão desenvolvido pela Universidade de Genebra, Suíça, chamado *Papyrus* [HOEN,1996]. Este implementa alternativas para encapsular os dados relacionados em um arquivo através da identificação do estudo e faz referências externas para outros dados como, por exemplo arquivos de imagens.

3.3 Paradigma de objetos

A tecnologia de objetos vem sendo cada vez mais utilizada no desenvolvimento de sistemas informatizados por apresentar resultados positivos. O paradigma de objetos trouxe para o meio digital mais proximidade com o mundo real, tanto na definição dos conceitos como no emprego dos recursos utilizados na produção de software.

As técnicas baseadas em objetos surgiram na área acadêmica e já existem há pelo menos 20 anos. Na década de 80, surgiram várias linguagens de programação que implementavam conceitos de orientação a objetos, como Smalltalk, Objective-C, C++, Eiffel, LISP, COBOL, C, Pascal, etc. Atualmente, além de diversas linguagens de programação, a tecnologia de objetos encontra-se em sistemas operacionais, metodologia de análise e projeto, banco de dados, ferramentas de apoio, etc.

A seguir são apresentados os conceitos relacionados com a terminologia de orientação a objetos e componentes, em um ambiente heterogêneo e distribuído, características que se aplicam ao contexto de um hospital.

3.3.1 Conceitos

Um “objeto é uma abstração de alguma coisa no domínio do problema, refletindo as capacidades de sistema de manter informações sobre ele, interagir com ele, ou ambos; um encapsulamento de valores de atributo e seus serviços exclusivos”, segundo Yourdon [YOURDON,1996]. De acordo com Shlaer & Mellor

[SHLAER&MELLOR,1998], um objeto é uma abstração de um conjunto de coisas do mundo real, de forma que todas as coisas do mundo real do conjunto identificado, ou seja as instâncias, tenham as mesmas características e, todas as instâncias estejam sujeitas a, e em conformidade com as mesmas normas. Rumbaugh [RUMBAUGH et al,1991] descreve uma classe de objetos como um grupo de objetos com propriedades semelhantes (atributos), o mesmo comportamento (operações), os mesmos relacionamentos com outros objetos e a mesma semântica.

Mesmo encontrando-se variações nas definições, pode-se afirmar que um objeto é a representação de um objeto do mundo real, expresso por atributos que o caracterizam e são agrupados em uma classe. Cada instância de uma classe é a atribuição de valores que individualizam cada objeto. A classe de um objeto é composta de atributos que representam os dados que caracterizam cada instância e de métodos, que implementam o comportamento, as ações ou operações realizadas, representando o aspecto dinâmico do sistema.

Os conceitos mais importantes para a compreensão do paradigma de objetos são herança, polimorfismo e encapsulamento.

Herança

A herança permite incorporar todos os atributos e métodos de uma determinada classe e adicionar novos atributos e operações. A relação de herança entre as duas classes parte de uma subclasse (ou classe derivada) e atinge a superclasse (ou classe base, ou classe genérica). Quando criamos instâncias (objetos) das classes derivadas, os objetos instanciados possuirão os atributos definidos para esta classe e herdarão também os métodos e atributos definidos para a classe base. Segundo Rumbaugh [RUMBAUGH et al,1991], herança é o compartilhamento de atributos e operações entre as classes, baseado em uma relação hierárquica. Para Yourdon [YOURDON,1996], herança é qualquer mecanismo que permite um objeto incorporar toda ou parte da definição de outro objeto como parte de sua própria definição. Os relacionamentos de herança têm como objetivos:

- Tornar mais fácil a construção de um código para tarefas especializadas;
- Tornar mais eficaz a programação, pois os projetistas da linguagem têm sempre uma base onde construir classes novas;

- Facilitar a criação de novos componentes, pois pode-se aproveitar o que já está pronto e está sendo herdado na hierarquia da classe.

Normalmente as subclasses herdarão (utilizarão) os mesmos métodos que a classe-base. A programação orientada a objetos permite que um método novo em uma subclasse mas com o mesmo nome, o que é chamado de redefinição. O objeto determina como responder ao método que chamou (conceito de polimorfismo).

Uma classe pode ser definida de forma abrangente, e então refinada em sucessivas subclasses específicas. Cada subclasse incorpora, ou herda todas as propriedades de sua superclasse e adiciona suas propriedades específicas. As propriedades da superclasse não precisam ser repetidas na subclasse, permitindo reutilização.

O relacionamento de herança pode ser simples ou múltiplo. Uma herança simples é quando uma classe tem somente uma classe base. Agora a classe base pode ter muitas derivadas, em muitos níveis. Algumas linguagens de programação permitem somente este tipo de implementação. Já herança múltipla significa que uma classe herda características de várias outras. Autores como [BOOCH,1992], afirmam que pode-se obter muito mais flexibilidade com a herança múltipla, mas a complexidade de implementação aumenta, gerando alto grau de acoplamento entre os objetos.

Polimorfismo

Polimorfismo vem do grego e significa “muitas formas”, ou seja, o uso da mesma mensagem para invocar métodos iguais com comportamento diferente, dependendo da classe a que pertence o objeto receptor. O conceito de polimorfismo é usado em conjunto com os relacionamentos de herança, permitindo uma certa padronização de interface dos objetos, embora esteja realizando especificamente a tarefa do objeto instanciado. É implementado através de instruções genéricas, delegando os detalhes de implementação para os objetos envolvidos.

Portanto, pode-se ter um conjunto de objetos derivados de classes distintas que respondam às mesmas mensagens, embora seus comportamentos sejam diferentes. Objetos em diferentes classes recebem a mesma mensagem e executam-na de maneira diferente. Quem enviou a mensagem não sabe a diferença e quem recebe interpreta e providencia a execução. O polimorfismo também um mecanismo

que permite às subclasses redefinir ou sobrecarregar funcionalidades a um método herdado sem afetar a classe base.

Encapsulamento

Permite que a codificação interna do objeto fique “escondida”. Os métodos são definidos em níveis de acesso, público ou privado, determinando a interface do objeto. Um método público pode ser acessado por qualquer outro método enquanto que o privado pode ser acessado somente por métodos da mesma classe. Pode-se dizer que a interface de um objeto é a ligação entre a classe provedora e seus clientes.

O encapsulamento consiste em separar os aspectos externos de um objeto, que são acessíveis para outros objetos, dos detalhes internos de implementação do objeto como apresentado por Rumbaugh [RUMBAUGH et al,1991]. A definição de acesso na especificação da interface do objeto aplica-se tanto aos atributos quanto aos métodos. Esta característica permite resultados como:

- A comunicação entre os objetos é feita através de mensagens enviadas para as operações;
- A implementação de um objeto pode ser mudada sem afetar as aplicações que o usam;
- Maior facilidade de alterações;
- Facilidade de depuração e maior portabilidade.

O encapsulamento protege o código de implementação do objeto, escondendo a complexidade e permitindo maior flexibilidade e portabilidade para o objeto. Quanto mais clara e específica for a definição da interface, maior será a facilidade de reutilização do objeto.

A abordagem de “caixa-preta” para escrever módulos de código costuma ser incentivada como uma maneira de criar bibliotecas de objetos reutilizáveis. O fato de não precisar conhecer o funcionamento interno do objeto para interagir com o mesmo, facilita o desenvolvimento de novas aplicações e consome menos tempo. Todo o acesso ao objeto é feito através dos atributos e métodos definidos na interface.

Exemplo

Para exemplificar os conceitos acima, considera-se as tabelas da especificação DICOM relacionadas com o diagnóstico do exame conforme apresentadas nas tabelas do Anexo D. Após análise das informações contidas nas tabelas do Anexo D é possível obter, de forma simplificada, o diagrama da Figura 3.3. É possível verificar que:

- As classes anexo e laudo são derivadas da classe base interpretação, através do relacionamento de herança, o que permite incorporar os métodos e os atributos da classe base. O símbolo antes do método *inclu()* indica que a visibilidade é protegida e as classes derivadas podem acessar este método e redefiní-lo;
- Métodos como *comporResultado()*, *mostrarAprov()*, *verificarAprov()* e *comporAnexo()*, são métodos privados utilizados somente dentro da própria classe. Esta característica implementa o conceito de encapsulamento, deixando os métodos públicos como *emitir()* e *selecionarAprov()* visíveis na interface do objeto;
- O relacionamento de agregação reforça o conceito de que um resultado é composto por laudo e anexos, ou seja, não faz sentido para o modelo instanciar objetos “laudo” sem que estes sejam parte de um resultado. Uma associação como é o caso de *entregar para*, representa através da multiplicidade que para cada resultado é preciso ter uma ou mais listas de distribuição, embora possam existir objetos instanciados na classe distribuição que podem ser utilizados por outros modelos.

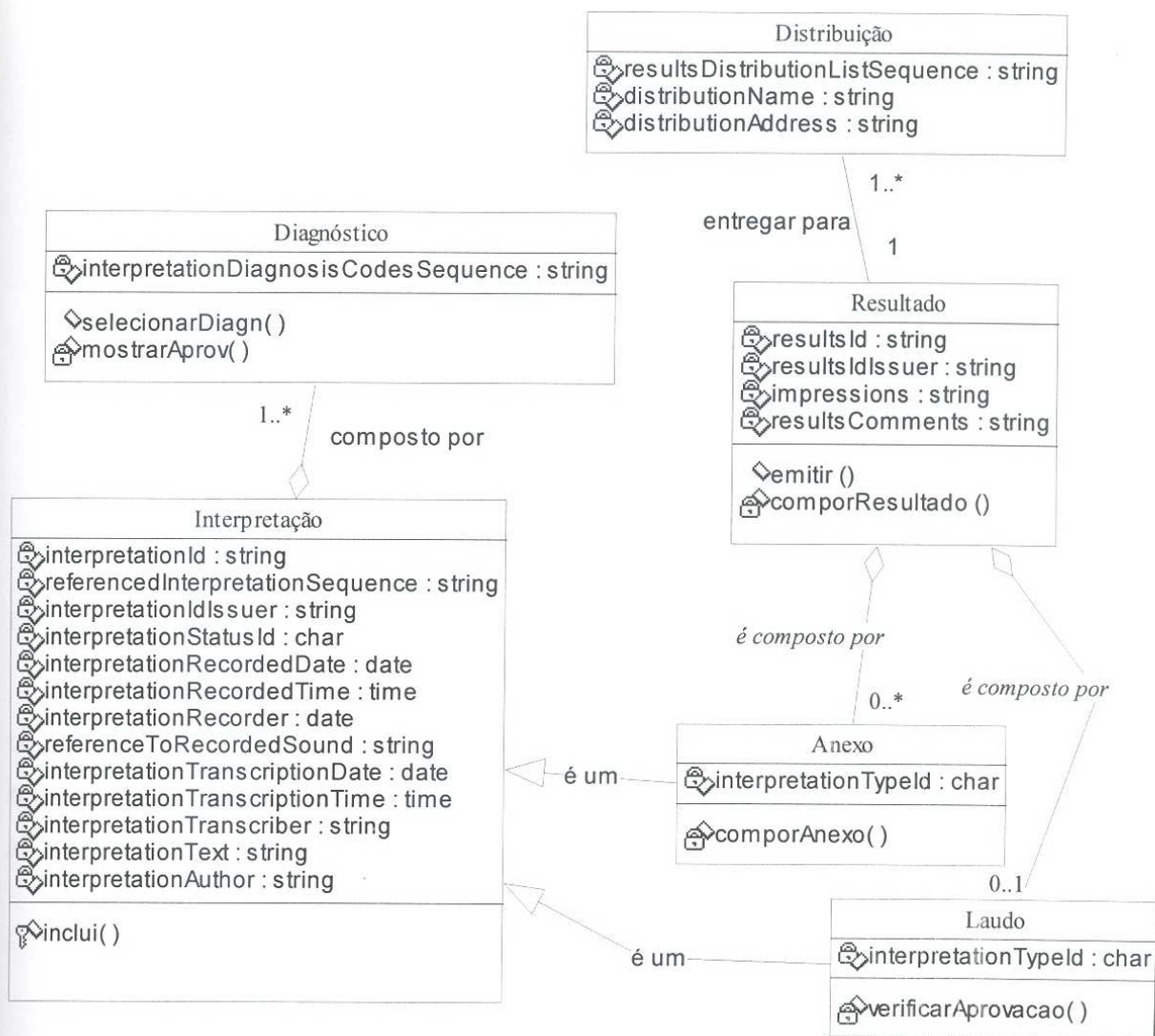


Figura 3.3 - Exemplo de aplicação dos conceitos da tecnologia de objetos

3.3.2 Modelagem de sistemas

O enfoque tradicional de modelagem para construção de sistemas de informação baseia-se na compreensão desse sistema como um conjunto de programas quem, por sua vez, executam processos sobre dados. O enfoque da modelagem por objetos, vê o mundo como uma coletânea de objetos que interagem entre si, apresentam características próprias que são representadas pelos seus atributos (dados) e operações (processos). A Figura 3.4 mostra uma comparação feita por Furlan [FURLAN,1998], página 11, entre o enfoque tradicional, da modelagem essencial ou estruturada e o enfoque baseado em objetos.

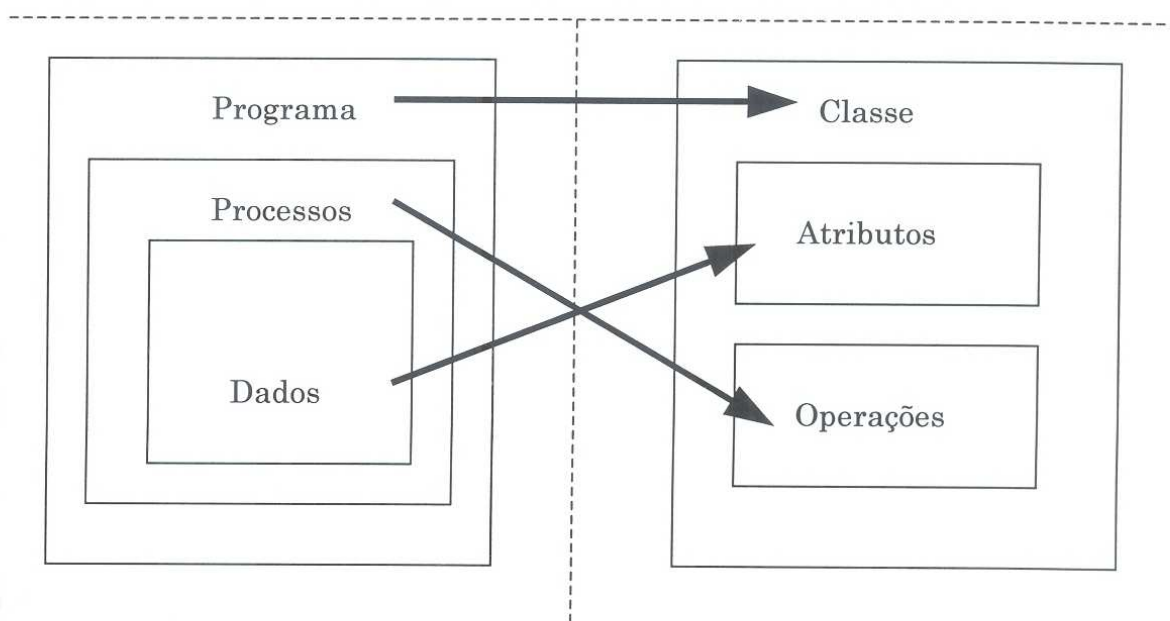


Figura 3.4 - Enfoque baseado em sistema *versus* enfoque baseado em objeto

De forma simplificada, a mudança de enfoque é justificada pelo fato de que objetos existem na natureza por si só e apresentam características peculiares representadas pelos seus atributos e pelo seu comportamento no mundo real. Essa abordagem oferece como principal benefício:

- Manter a modelagem do sistema e, em decorrência, sua automação o mais próximo possível de uma visão conceitual do mundo real;
- Servir de base à decomposição e modelagem do sistema nos dados, que é o elemento mais estável de todos aqueles que compõem o sistema de informação;
- Oferecer maior transparência na passagem da fase de modelagem para a construção através da introdução de detalhes, não requerendo uma reorganização do modelo.

O processo de modelagem segundo o paradigma de objetos é apresentado em diagramas gráficos que representam a informação, agrupados em três modelos de acordo com a metodologia definida por Rumbaugh [RUMBAUGH et al, 1991]: o modelo de objetos, mostrando a visão estática; o modelo dinâmico, que representa a interação entre os objetos e o modelo funcional, que representa os papéis desempenhados pelos objetos. Para o escopo deste trabalho foi utilizado a implementação do modelo estático que representa as informações persistidas especificadas pelo padrão DICOM.

Os modelos são desenvolvidos de forma interativa cíclica, pois geralmente vários refinamentos são necessários para que o sistema possa ser implementado. Cada refinamento implica em revisar os diagramas da fase anterior para manter a coerência. A utilização de uma ferramenta CASE facilita o processo. Uma vantagem da abordagem de objetos é o trabalho constante de revisão dos diagramas, para que se tenha certeza de que o mesmo está correto. Quanto mais tarde um erro ou equívoco é descoberto no processo de desenvolvimento de software, o custo aumenta significativamente.

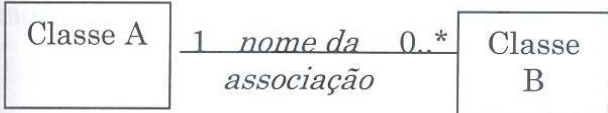
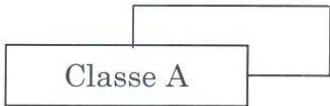
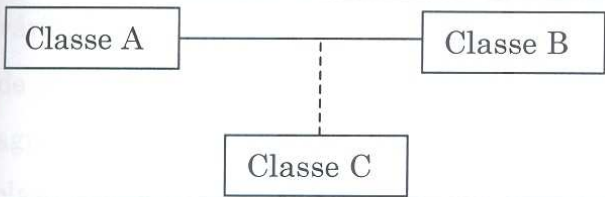
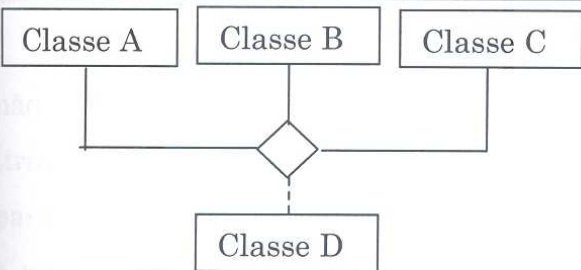
Visão estática

Compreende o modelo de objetos que representa a estrutura estática de dados do mundo real e a organiza em partes manipuláveis. As classes são identificadas com seus atributos e relacionamentos que denotam associações, que podem ser de herança ou agregação. O modelo de objetos tem a finalidade de descrever as classes de objetos do mundo real e os relacionamentos existentes entre elas, mostrando os critérios de multiplicidade entre as associações, o que denota a cardinalidade existente entre as instâncias das classes. De acordo com o número de classes envolvidas nas associações, estas podem ser classificadas em unárias, binárias e n -enárias. Classes resultantes de associações entre outras classes são denominadas classes associativas e são representadas por uma ligação tracejada. A notação utilizada pela UML e o significado é apresentada na Tabela 3.6.

Os passos para definir o modelo de objetos podem ser:

- Identificar objetos e classes;
- Iniciar a geração de um dicionário de dados contendo descrições das classes, atributos e associações;
- Acrescentar as associações (incluindo agregações) entre as classes;
- Acrescentar os atributos para objetos e ligações;
- Organizar e simplificar as classes de objetos utilizando herança;
- Testar os caminhos de acesso existentes para consulta;
- Iterar e refinar o modelo;
- Agrupar classes em módulos (pacotes).

Tabela 3.6 – Notação padrão UML

Símbolo	Significado
	Herança – associação do tipo <i>é um / é semelhante a</i>
	Agregação – associação do tipo <i>faz parte de / é composto por</i>
	Associação entre duas classes, representada por um nome e a relação de multiplicidade para cada instância de cada classe.
0 – zero ocorrências 1 – uma ocorrência * - muitas ocorrências n – n ocorrências	Representação da cardinalidade entre instâncias de objetos relacionados. Considerando uma Classe A com cardinalidade 1 associada a outra Classe B com cardinalidade 0..* significa que para cada instância da Classe A podem ocorrer zero ou muitas instâncias da Classe B e para instância da Classe B existe somente uma instância da Classe A relacionada.
	Associação Unária - Relacionamento de uma classe para consigo própria. Recursividade, onde dois objetos da mesma classe são conectados.
	Associação Binária - Quando há duas classes envolvidas de forma direta na associação. Pode ocorrer uma classe derivada da associação, chamada de classe associativa (Classe C).
	Associação <i>n</i> -ária - É uma associação entre três ou mais classes, cujas instâncias realmente precisam estar associadas. Caso sejam geradas informações a partir da associação do conjunto das classes participantes, uma classe associativa é criada (Classe D).

Geralmente o modelo de objetos apresenta um dicionário de informações para descrever em forma de texto o significado de cada classe, atributo e associação. No contexto deste trabalho não foi feito o dicionário de informações, pois estas descrições estão presentes na especificação do padrão DICOM.

O modelo de objetos também apresenta características de persistência. Depois dos refinamentos, as classes podem ser criadas em um banco de dados orientado a objetos, ou podem ser feitas as devidas alterações para adaptá-lo ao modelo relacional..

Uma forma de refinamento do diagrama de classes é a normalização, que consiste em um processo formal que examina os atributos das classes com o intuito de minimizar redundância em objetos específicos. O processo causa a simplificação dos atributos dentro das respectivas classes, colaborando para a integridade e a estabilidade do modelo.

A normalização é dependente do paradigma de banco de dados, sendo necessária para o modelo relacional, mas modelos de objetos complexos mantêm um fundamento algébrico similar em certos aspectos. A segunda forma normal, que diz respeito às dependências parciais, só faz sentido se houver identificação de atributos através de composição de mais de um atributo, o que não faz parte do paradigma de objetos, visto que o próprio banco de objetos atribui um identificador.

Aqui estão resumidamente as formas normais:

1ª) Remoção de grupos repetitivos – Verificar se existem dados repetidos várias vezes, retratando ocorrências de um mesmo fato dentro da mesma estrutura de atributos. Aplicando a primeira forma normal, pode resultar geralmente em agregação ou composição, pois os atributos repetidos passam a fazer parte de outra classe.

3ª) Remoção de dependências transitivas – Pode ocorrer que alguns atributos não são dependentes diretamente do identificador da classe, mas de forma indireta (transitiva), através de um atributo. Os atributos transitivos (indiretos) migrarão para outra classe, ou serão eliminados caso sejam resultantes de cálculos efetuados a partir de outros atributos da estrutura. O resultado é a separação de certos atributos em classes diferentes, estabelecendo uma associação entre as classes.

4^a) Remoção de dependências multivaloradas – Deve existir pelo menos três classes envolvidas gerando uma classe de associação (associação ternária). Para que esta forma normal possa ser aplicada, o relacionamento das classes A, B e C deverá ter como hipótese:

- A e B são relacionadas;
- A e C são relacionadas;
- B e C são independentes.

Portanto aplica-se a quarta forma normal para remover a dependência multivalorada entre B e C, transformando uma associação ternária em duas associações binárias associativas.

Visão dinâmica

O modelo dinâmico compreende diversos diagramas que mostram o comportamento do sistema (que mudam com o tempo) e os objetos nele existentes. São utilizados diagramas diferentes para que possam ser observadas todas as possibilidades de interação entre os objetos. Os estados que os objetos podem apresentar, bem como os eventos ou estímulos de transição, também são representados nos diagramas que fazem parte do modelo dinâmico. Desses diagramas resultam os métodos, ou seja, as operações que devem ser implementadas e são agregadas às classes definidas no modelo de objetos.

Para se obter os diagramas que representam os aspectos dinâmicos do sistema, os seguintes passos podem se seguidos:

- Preparar cenários (roteiros) das seqüências típicas de interação;
- Identificar eventos entre os objetos e preparar uma seqüência de eventos para cada roteiro;
- Mostrar a distribuição das ações em relação ao tempo e a colaboração entre os objetos, preparando diagramas de seqüência e de fluxo de eventos para cada cenário ou para o sistema todo;
- Desenvolver um diagrama de estados para cada classe que tenha comportamento dinâmico importante;
- Verificar a consistência dos eventos compartilhados pelos diagramas de estados.

Visão funcional

O modelo funcional mostra quais valores dependem de outros valores e as funções que os relacionam. Os diagramas de fluxo de dados são úteis para mostrar as dependências funcionais. As funções são expressas de diversas maneiras, incluindo linguagem natural, equações matemáticas e pseudocódigo. Alguns autores tratam o modelo funcional como aspecto dinâmico e não utilizam o registro do fluxo de informações em diagrama próprio.

Para desenvolver o modelo funcional podem ser seguidos os seguintes passos:

- Identificar os valores de entrada e saída;
- Utilizar diagramas de fluxo de dados quando necessário, para mostrar dependências funcionais;
- Descrever o que cada função faz;
- Identificar as restrições;
- Especificar os critérios de otimização.

Ao final, verificar, repetir e refinar os três modelos. O processo de refinamento consiste em:

- Acrescentar ao modelo de objetos as operações-chave que foram descobertas durante a preparação do modelo funcional;
- Verificar se as classes, associações, atributos e operações estão consistentes e completos no nível escolhido de abstração. Comparar os três modelos com o enunciado do problema e conhecimentos relevantes do domínio, e testar os modelos utilizando roteiros;
- Desenvolver roteiros mais detalhados como variações dos roteiros básicos. Utilizar esses roteiros hipotéticos para verificar mais detalhadamente os três modelos;
- Repetir os passos anteriores tantas vezes quantas forem necessárias para completar a análise.

UML

Os modelos apresentados fazem parte da metodologia OMT (*Object Modeling Technique*), definida por James Rumbaugh. Este uniu-se a Gray Booch e Ivar Jacobson, este último, criador da metodologia OOSE (*Object-Oriented Software*

Engineering), para criar uma linguagem de modelagem unificada. Esta linguagem unificada deveria tratar de assuntos de escala inerentes a sistemas complexos e de missão crítica, que se tornasse poderosa o suficiente para modelar qualquer tipo de aplicação de tempo real, cliente/servidor ou outros tipos de software padrões.

Assim foi definida a UML (*Unified Modeling Language*) em outubro de 1995. Atualmente, encontram-se novas versões com inovações para atender às inovações tecnológicas. Conforme apresentado por Furlan [FURLAN,1998], a UML pode ser usada para:

- Mostrar as fronteiras de um sistema e usa funções principais utilizando atores e casos de uso;
- Ilustrar a realização de casos de uso com diagramas de interação;
- Representar uma estrutura estática de um sistema utilizando diagramas de classe;
- Modelar o comportamento de objetos com diagramas de transição de estado;
- Revelar a arquitetura de implementação física com diagramas de componente e de implantação;
- Estender sua funcionalidade através de estereótipos.

A UML unificou metodologias distintas, mantendo a representação das informações sob os pontos de vista estático relacionado com a persistência e dinâmico, relacionado com os processos em execução. Também foram incorporados diagramas que representam as características técnicas de desenvolvimento e implementação o sistema, envolvendo classes de objetos da fase de desenvolvimento e representando arquitetura lógica e física, como os diagramas de interação e de implantação.

3.3.3 Componentes e objetos

A construção de software através de componentes leva à maior reutilização e conseqüente alta na produtividade, o que enfatiza a crença de que essa nova modalidade venha a crescer cada vez mais. A utilização dos componentes procura adaptar a idéia dos componentes da indústria de equipamentos, onde se pode montar um computador de forma personalizada, por exemplo, com inúmeras peças

de fabricantes diferentes, com a garantia de compatibilidade entre as mesmas. Traduzindo para os sistemas informatizados, o exemplo citado representa módulos de software que funcionam em conjunto e cooperam entre si para desempenhar a funcionalidade necessária.

O desenvolvimento baseado em componentes tem como objetivo a divisão dos blocos monolíticos de software em blocos menores, interoperáveis, reduzindo, dessa forma, a complexidade, assim como os custos, através da reutilização de componentes exaustivamente testados. Os componentes são partes operacionais de software que foram desenvolvidas com o objetivo de ser posteriormente reutilizadas em diferentes aplicações. Assim, os componentes são empacotados a fim de prover conjuntos de serviços que são acessíveis apenas através de uma interface definida. Desse modo, observa-se que o desenvolvimento de componentes envolve três atividades, conforme apresentado por Braga em [BRAGA, 1998] a reutilização de componentes, a concepção fragmentada e a interoperação entre esses componentes.

Recentemente, um conjunto de fatores despertou um novo interesse em componentes, fornecendo a motivação necessária para se acreditar que possa ser agora mais eficaz e realizado em larga escala. Dentre esses fatores pode-se citar:

- o desenvolvimento da WWW e da Internet, aumentando o entendimento e preocupação em relação à computação distribuída. A WWW encorajou os usuários considerarem um conjunto de serviços prestados pela Web como sendo, na realidade, um sistema distribuído;
- a mudança de sistemas baseados em *mainframes* para sistemas baseados na arquitetura cliente/servidor levou os desenvolvedores a considerarem as aplicações como um conjunto de subsistemas interoperáveis;
- o aparecimento de padrões de infra-estruturas para a construção de aplicações, como as iniciativas da OMG, através da arquitetura CORBA e dos produtos da Microsoft⁹, como o COM (*Common Object Model*) e seus derivados, entre outros.

Uma grande contribuição para o desenvolvimento de componentes é o paradigma da orientação a objetos, principalmente pela característica de

⁹ <http://www.microsoft.com>, 10/12/1999.

reutilização, com a implementação do conceito de herança. Em muitas situações essa abordagem é benéfica. Porém, para sistemas complexos, as hierarquias de comportamento herdado podem se tornar estruturas pesadas, difíceis de ser entendidas e cheias de interdependências que as tornam difíceis de ser modificadas. Se forem consideradas que as partes a serem reutilizadas forem desenvolvidas por terceiros, o benefício do aumento de produtividade terá efeito contrário, pela falta de entendimento do comportamento de cada parte.

Uma solução para a dificuldade citada é apontada por Braga [BRAGA, 1998] é preciso que o comportamento e as interfaces desses componentes sejam claramente especificados. Além disso, é preciso que sejam fornecidos mecanismos que permitam a conexão dos componentes de forma flexível e que cada um destes seja substituído por outro similar a qualquer momento, sem a necessidade de modificações internas na estrutura dos componentes.

Para permitir a implementação de tais necessidades, a tecnologia de objetos aponta classes ou bibliotecas de classes integradas, por herança, dentro de uma hierarquia de classes. Os componentes, nesse contexto, são genéricos, requerendo uma arquitetura que represente como esses componentes são agregados. Esta arquitetura de ligação pode ser representada pela tecnologia de componentes, conhecida como *componentware*, como o COM ou CORBA, que representa uma série de atividades relacionadas com o objetivo de inter-relacionar componentes através de modelo de objetos ou similares.

A computação distribuída provê um conjunto de serviços integrados em uma infra-estrutura comum que fornece um meio de conexão para troca de mensagens entre esses serviços. Ambas as tecnologias, a orientação a objetos e a computação distribuída, complementam funcionalidades que possibilitam o desenvolvimento de componentes. Uma terceira abordagem citada por Brown [BROWN et al, 1998], representada pelas técnicas formais e baseadas no conhecimento, embora esteja no âmbito das pesquisas acadêmicas, traz mais robustez aos componentes. Embora complexa, estas técnicas têm o objetivo de descrever os componentes usando métodos formais e/ou informais, levando em consideração o conhecimento do domínio para automatizar o processo de construção de aplicações.

Os componentes aceleram o processo de desenvolvimento de software desde que apresentem especificação clara e definida, com a funcionalidade de um objeto de negócio que realmente seja responsável por alguma tarefa. Para auxiliar o desenvolvimento desses componentes, Barbieri em [BARBIERE,1998] referencia a normalização de componentes em comparação com o processo de normalização de banco de dados relacionais. “O conceito implica em um conjunto de regras para melhor definir a cristalização teórica de componentes.” Essas regras orientam na formação do código que se pretende encapsular no componente:

- Primeira forma normal de processos: O código deverá ter uma interface formal, definida e publicada, ou seja, parâmetros de entrada e saída e possíveis regras de exceção. É uma espécie de compromisso em se ter um código documentado, reutilizável e claro.
- Segunda forma normal de processos: O código não deverá ter *overload*, o que significa que ele deverá fazer uma função clara e objetiva, sem grandes derivações de caminhos internos, e deverá executar outras funcionalidades. É uma espécie de compromisso rigoroso entre a sua funcionalidade e granularidade.
- Terceira forma normal de processos: O componente disponível para reutilização, deverá, obviamente, ser único no seu contexto, evitando a proliferação de outros com funcionalidade semelhante. É uma espécie de compromisso com a não redundância da funcionalidade, em um catálogo de componentes.

Com padronização do desenvolvimento de componentes dentro de regras claras seguidas pelos desenvolvedores, pode-se obter vantagens no desenvolvimento de sistemas informatizados, com maior produtividade e qualidade e menor custo.

3.3.4 Objetos distribuídos e CORBA

A tecnologia de objetos distribuídos vem revolucionando o paradigma da computação distribuída e do ambiente cliente/servidor. A essência do paradigma está no componente ‘esperto’, que é um conjunto de código com características que permitem operar de forma transparente para o usuário, através de sistemas

operacionais, redes, linguagens de programação, aplicações de software, ferramentas de apoio e desenvolvimento e hardware, independente de fabricantes.

Para implementar aplicações com objetos distribuídos, existem dois padrões no mercado: COM/OLE da Microsoft e CORBA da OMG (*Object Management Group*). Um desses padrões é adotado para funcionar como infra-estrutura e meio de comunicação para os objetos distribuídos.

Os componentes são construídos utilizando-se as técnicas de orientação a objetos, trazendo as vantagens dessa tecnologia e, aliadas às características da própria arquitetura distribuída, e estão modificando a forma de desenvolver, integrar, fornecer manutenção e comercializar sistemas informatizados.

Segundo a arquitetura CORBA, apresentada por Orfali [ORFALI &Harkey,1996], um componente deve ter as seguintes propriedades:

- É uma entidade vendável;
- Não é uma aplicação completa, pois pode ser combinado com outros componentes para formar uma aplicação completa;
- Pode ser usado em combinações não previsíveis, assim como no mundo real, um objeto pode ser desenvolvido para um fim e ser usado para outro;
- Tem uma interface bem especificada. CORBA especifica uma linguagem de definição de interface (IDL – *Interface Definition Language*), que é separada do código de implementação;
- É um objeto interoperável, pois pode ser invocado através de rede, sistema operacional ou aplicação, independente do software;
- É um objeto mais complexo, pois além de herança, encapsulamento e polimorfismo, precisa permitir o empacotamento de objetos isolados.

Com estas propriedades, algumas características podem ser associadas, tornando os componentes mais inteligentes:

- Segurança: proteção para si próprio e para seus recursos, através de autenticação, controle de acesso e auditoria;
- Licença: capacidade de definir políticas de uso;
- Versão: certificar-se que os clientes estão usando a versão certa;

- Gerenciamento do ciclo de vida: gerenciar sua criação, destruição e armazenamento. Capacidade de reproduzir-se, externar seus conteúdos e mover-se de um local para outro;
- Suporte para palheta de ferramentas;
- Notificação de eventos, quando necessário;
- Gerenciamento de propriedades e configuração;
- Ser controlado por linguagens de *script*;
- Dados gerais e introspeção, provendo informações sobre ele mesmo;
- Controle de transação e bloqueio, para permitir compartilhamento de recursos;
- Persistência, salvando o estado em que se encontra;
- Relacionamento dinâmico ou permanente com outros componentes;
- Fácil de usar, abstrato;
- Auto-testável;
- Auto-instalável.

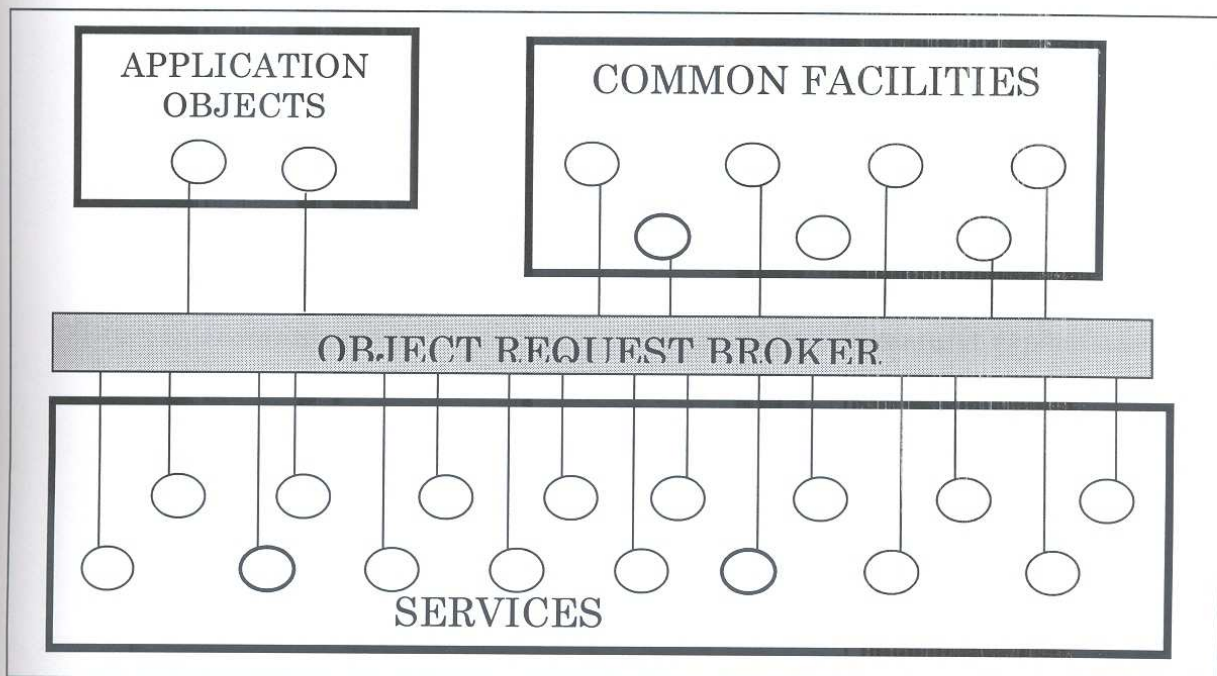


Figura 3.5 - Estrutura geral da arquitetura CORBA

A arquitetura CORBA, descrita por Siegel [SIEGEL,1996], na página 9 pode ser observada na Figura 3.5. De forma geral esta infra-estrutura provê a interoperabilidade entre sistemas de forma aberta, independente de plataforma de hardware e software, através da aplicação de conceitos da área de objetos, da arquitetura cliente/servidor e distribuída e das técnicas padronização e normatização, vinculados aos organismos internacionais de definições de padrões. A arquitetura CORBA foi definida e mantida por grupos de trabalho vinculados à OMG.

Considerando a Figura 3.5, cada módulo pode ser descrito resumidamente como:

- *Application Objects* - são componentes específicos para aplicações de usuários finais. Estes objetos são definidos usando IDL para que possam ser pertencer ao ORB e ser reconhecido por outros ORB's. As aplicações são construídas sobre os serviços providos pelo ORB, *CORBAfacilities* e *CORBAservices*. Cabe ao usuário final, juntar esses objetos comerciais em aplicações que atendam a necessidade específica da sua organização;
- *Common Facilities* - A organização OMG define como sinônimos os termos Common Facilities e *CORBAfacilities*, que preenchem um nível intermediário entre os serviços e as aplicações. Existem facilidades horizontais e verticais. A primeira é composta por quatro categorias básicas: interface com o usuário, gerenciamento de informações, gerenciamento de sistemas e gerenciamento de tarefas. A segunda refere-se a segmentos específicos do mercado como: saúde, finanças, telecomunicações, indústria, etc. As facilidades comuns específicas para cada segmento de mercado permitem desenvolvimento de software acelerado e otimizado dentro do contexto de atuação da empresa. A padronização dos segmentos de mercado é feita pelo OMG com a participação da indústria e profissionais de cada área relacionada;
- *Object Request Broker (ORB)* - É o meio (*middleware*) através do qual os objetos fazem suas requisições e recebem respostas de outros objetos local ou remotamente localizados, sem a necessidade de avisar os clientes como usar, ativar ou armazenar os objetos do servidor. Um ORB padrão

CORBA permite descobrir os objetos em tempo de execução e invocar seus serviços, sendo uma alternativa mais sofisticada ao *middleware* do ambiente cliente-servidor (RPC-*Remote Procedure Call*, MOM-*Message-Oriented Middleware*, *stored procedures* em banco de dados e serviços ponto a ponto);

- *Services* - fornecem serviços fundamentais às aplicações orientadas a objetos e seus componentes. Ao todo, são onze serviços especificados: Ciclo de vida, Relacionamento, Nome, Persistência de objeto, Exteriorização, Evento, Pesquisa de objetos, Propriedades de objeto, Transações entre objetos, Concorrência e Licença. Ainda existem mais cinco serviços que estão sendo especificados: Negociador, Segurança, Tempo seguro, Coleção de objeto, Inicializador de objeto.

Os objetos, sejam eles componentes comerciais ou blocos de código que auxiliam o desenvolvimento de software, podem ser utilizados em diversas áreas, e apresentam diversos benefícios como os exemplos abaixo. Ferramentas como CASE OO (*Computed Aid Software Engineering – Object Oriented*), baseadas em repositório de objetos e que geram código automático, facilitam ainda mais o desenvolvimento de software, trazendo vantagens como apresentadas por Martin [MARTIN,1994]:

- Reaproveitamento e padronização, através da herança e do polimorfismo;
- O projetista pensa em termos de comportamento dos objetos e não em detalhes de baixo nível;
- Pode-se construir objetos cada vez mais complexos;
- Confiabilidade, qualidade e estabilidade, pois os objetos são testados e garantidos pelo desenvolvedor;
- Novos mercados de software;
- Desenvolvimento acelerado;
- Programação e manutenção facilitada pela reutilização de código e pelo encapsulamento;
- Estimula a criatividade, pois permite criar e implementar novas invenções;

- Ciclo de vida do objeto dinâmico;
- O modelo do sistema pode ser refinado durante a construção;
- Apresenta uma modelagem mais realista, pois projeto e implementação usa o mesmo paradigma, facilitando a comunicação e o envolvimento do usuário;
- Melhor comunicação entre profissionais de sistema e clientes/usuários, pois estes pensam em termos de acontecimentos, objetos e políticas organizacionais que descrevem o comportamento dos objetos.
- Especificações e projetos declarativos, permitindo pensar como o usuário final e não como o computador.
- Uma interface com o usuário mais fácil e interativa. Ver e apontar é mais fácil do que se lembrar e digitar.
- Grandes objetos binários (*Binary Large Objects*, ou *BLOBS*) são armazenados como objetos representando imagens, vídeo, voz, texto não-formatado, ou outra cadeia longa de bits, formando o banco de objetos multimídia.
- As classes são projetadas para serem independentes de plataformas, hardware e ambiente de software.
- Interoperabilidade, onde software de vários fornecedores distintos podem operar em conjunto.
- Processamento cliente-servidor e/ou distribuído em larga escala, pois as classes em uma máquina poderão interagir com classes de outro local, sem saber onde elas residem.
- Os objetos em processadores diferentes serão executados simultaneamente, cada um agindo independentemente, apresentando a vantagem dos sistemas paralelos.
- Um nível mais elevado de automação de banco de dados, onde as estruturas estão ligadas a métodos que agem automaticamente.
- Objetos já existentes podem ser adaptados, sem interferir no comportamento de outros objetos relacionados.

- Ferramentas CASE melhores. Usando ferramentas gráficas, que deverão facilitar a modelagem em termos de eventos, gatilhos, estado do objeto, e assim por diante.
- Bibliotecas de classes industrializadas, bibliotecas de classes corporativas, etc.

Capítulo 4

Metodologia de desenvolvimento do modelo proposto

Este capítulo descreve o modelo proposto para informações armazenadas em arquivos no formato DICOM. O modelo é baseado na estrutura do padrão DICOM definido pelo *Committee European Normalization/Technical Committee 251* (CEN/TC 251)¹ e mantido pela ACR-NEMA. O modelo proposto está baseado na especificação da parte 3 da documentação padrão do DICOM, que se refere à descrição dos atributos que descrevem os IOD definidos, como paciente, estudo, procedimentos, imagens e demais dados relacionados. O escopo definido focaliza a imagem, envolvendo os dados do paciente submetido a um estudo; os procedimentos requisitados, agendados e executados, que estão relacionados ao estudo; o registro do processo de aquisição, visualização e gerenciamento da imagem; o registro do diagnóstico; incluindo a contabilização dos recursos utilizados. As modalidades abordadas no modelo proposto são tomografia computadorizada (CT), radiografia computadorizada (CR) e ressonância magnética (MR), para representar um conjunto de informações necessárias para o processo de modelagem. Optou-se por estas modalidades por serem amplamente utilizadas na prática médica e apresentarem características como imagens únicas e agrupadas em séries.

Primeiramente, estão sendo apresentados os módulos envolvidos com as modalidades definidas de acordo com a especificação do padrão DICOM. Cada

¹ CEN-TC251- <http://www.cenitc251.org>, 20/12/99.

modalidade é representada pela definição dos módulos, representados através de tabelas, pertencentes a um IOD de imagem. As tabelas são apresentadas com a terminologia em inglês conforme apresentado no padrão, com a explicação correspondente em função do estudo feito na documentação do referido padrão.

Após, apresenta-se a descrição do modelo de informação proposto representado por diagramas de classe de objeto, caracterizando-se os aspectos abordados em comparação com o Modelo de Informação DICOM apresentado no capítulo anterior, delimitando e justificando o trabalho.

4.1 Desenvolvimento do trabalho

O trabalho foi desenvolvido através dos seguintes passos:

- Estudo da forma de acesso aos arquivos DICOM. Foram analisadas algumas ferramentas que permitem visualizar imagens DICOM e que incluem características de processamento de imagens e laudo. Verificou-se que a integração de tais sistemas com o SIH é um problema e requer uma implementação específica, que representa altos custos. Uma alternativa para integrar os dados dos arquivos DICOM seria recuperar tais informações diretamente para o SIH. Optou-se por implementar um sistema que identificasse as informações contidas no arquivo, permitindo conhecer a estrutura do arquivo e verificar a possibilidade de recuperar as informações necessárias de forma direta.
- Como o objetivo do trabalho é facilitar a integração dos sistemas, o estudo foi expandido para analisar os demais módulos especificados pelo DICOM. Os módulos selecionados procuram analisar dados que seriam necessários para receber ou fornecer informações ao SIH. Ao todo o padrão DICOM apresenta diversos módulos, com atributos que definem, descrevem, identificam e relacionam os módulos entre si.
- A partir dos módulos analisados, foi definido o escopo do modelo e iniciado o processo de modelagem. O modelo abrange dados sobre a imagem (incluindo dados para a visualização das imagens além de curvas, *overlays*, regiões de interesse, etc.) e informações relacionadas como dados do paciente, do estudo, dos procedimentos requisitados, agendados e realizados.

- Os atributos foram modelados e refinados com a utilização das técnicas de modelagem orientadas a objetos, procurando a otimização dos objetos a serem criados.
- O modelo de objetos resultante foi descrito e analisado, considerando as informações modeladas e a forma de aquisição dos dados através de arquivos DICOM.

Nas próximas seções, estão descritos: o processo de recuperação de informações dos arquivos DICOM, os módulos especificados no padrão que foram abordados neste trabalho e o modelo proposto.

4.2 Recuperação de informações em arquivos DICOM

Com o estudo da documentação do DICOM, verificou-se a necessidade de compreender de forma prática a estrutura do arquivo e analisar o seu conteúdo. Para tal, foi desenvolvido um programa utilizando a linguagem Java. Esta linguagem foi escolhida por ser uma linguagem orientada a objetos e independente de plataforma, e por estar sendo bastante utilizada. O processo de leitura do arquivo foi desenvolvido através das informações contidas na especificação do DICOM. No Anexo C encontra-se a listagem do algoritmo.

Inicialmente, foi escolhido um arquivo no formato DICOM da modalidade de tomografia, obtido do site da Universidade de Genebra, Suíça, que desenvolveu um visualizador DICOM chamado Osiris², distribuído gratuitamente na Internet. Outros arquivos de modalidades obtidos através deste e de outros sites diferentes, além arquivos de versões de demonstração de sistemas comerciais, foram testados pelo programa desenvolvido.

O processo utilizado para recuperar as informações dos arquivos no formato DICOM foi a leitura dos bytes do arquivo. A partir da interpretação do cabeçalho, através da identificação das *tags*, as demais informações foram localizadas.

² Software Osiris. Universidade de Genebra, Suíça. Disponível em: <http://www.expasy.ch/www/UIN/html1/projects/osiris/osiris.html>, 18/11/1999.

A linguagem utilizada para implementar o programa de leitura de arquivos foi Java, principalmente pela característica da independência de plataforma. O programa identifica as *tags* do arquivo, e mostra o conteúdo da informação.

Os dados armazenados no arquivo e definidos como obrigatórios estão presentes e podem ser identificados através das *tags*. Dados ausentes foram deixados em branco.

O processo de recuperação da informações de arquivos DICOM inicia pela identificação do formato em que os dados foram gravados: *little endian* ou *big endian*³, definido pela sintaxe de transferência.

Para validar o conteúdo dos arquivos e verificar os dados identificados pelo sistema implementado, foi utilizado o visualizador Osiris⁴, desenvolvido pela Universidade de Genebra, Suíça. Este software é disponibilizado na Internet.

4.3 Módulos do DICOM abordados no modelo proposto

O padrão DICOM apresenta as informações que representam uma entidade do mundo real agrupadas em módulos, para que, embora com redundância de dados⁵, não se perca o sentido da informação. Os módulos, conforme a especificação DICOM, têm a finalidade de agrupar as informações de tal forma que possam ser usados em mais de um IOD. Detalhes sobre como os módulos estão relacionados com o objeto DICOM já foram citados no item 3.1.5.

As modalidades abordadas CR, CT e MR utilizam em comum as entidades DICOM relacionadas: paciente, estudo, série, equipamento, imagem. As modalidades de CT e MR, por apresentarem a característica de relacionamento

³ *Little endian* ou *big endian* significa a forma de ordenação dos bytes na sequência de elemento e grupo que formam uma *tag*. O formato *little endian* significa que o byte mais significativo é armazenado por último e o *big endian* indica que é o primeiro. O padrão DICOM define o valor "1.2.840.10008.1.2.1" para o formato *little endian* e "1.2.840.10008.1.2.2" para o formato *big endian* (PS3.5, pg. 28 e 42).

⁴ Software Osiris. Universidade de Genebra, Suíça. Disponível em: <http://www.expasy.ch/www/UIN/html1/projects/osiris/osiris.html>, 18/11/1999.

⁵ Pode-se redundância nos atributos que descrevem os módulos na parte 3, anexo C, como pode ser observado em [ACR-NEMA], especificação padrão (98_03dr.pdf, página 77).

espacial, possuem ainda a entidade referência de *frame*. Cada entidade DICOM possui um ou mais módulos de acordo com o contexto semântico.

Tabela 4.1 - Módulos relacionados com o IOD de imagem para as modalidades especificadas (CR, CT e MR).

Entidade DICOM	Módulo	CR	CT	MR	Ref. Documentação DICOM
Patient	Patient	M	M	M	PS3.3 – Tabela C.7.1 – pg. 106
Study	General Study	M	M	M	PS3.3 – Tabela C.7-2 – pg. 107
	Patient Study	U	U	U	PS3.3 – Tabela C.7-3 – pg. 108
Series	General Series	M	M	M	PS3.3 – Tabela C.7-4 – pg. 109
	CR Series	M	--	--	PS3.3 – Tabela C.8-1 – pg. 149
Equipment	General Equipment	M	M	M	PS3.3 – Tabela C.7-6 – pg. 114
Frame of Reference	Frame of Reference	--	M	M	PS3.3 – Tabela C.7-5 – pg. 113
Image	General Image	M	M	M	PS3.3 – Tabela C.7-7 – pg. 116
	Image Plane	--	M	--	PS3.3 – Tabela C.7.8 – pg. 120
	Image Pixel	M	M	M	PS3.3 – Tabela C.7-9 – pg. 121
	Contrast/bolus	C	C	C	PS3.3 – Tabela C.7-10 – pg. 126
	CR Image	M	--	--	PS3.3 – Tabela C.8-2 – pg. 150
	CT Image	--	M	--	PS3.3 – Tabela C.8-3 – pg. 152
	MR Image	--	--	M	PS3.3 – Tabela C.8-4 – pg. 155
	Overlay Plane	U	U	U	PS3.3 – Tabela C.9-2 – pg. 328
	Curve	U	U	U	PS3.3 – Tabela C.10-2 – pg. 333
	Modality LUT	U	--	--	PS3.3 – Tabela C.11-1 – pg. 339
	VOI LUT	U	U	U	PS3.3 – Tabela C.11-2 – pg. 340
	SOP Common	M	M	M	PS3.3 – Tabela C.12-1 – pg. 343

Na Tabela 4.1, pode-se verificar os módulos de um IOD de imagem. Os módulos obrigatórios são indicados por M (M – mantido da especificação padrão *Mandatory*), os opcionais ou definidos à critério do usuário, indicados por U, e os condicionais, indicados por C, os quais tornam-se obrigatório devido a certas condições, como por exemplo, a aplicação de um contraste⁶. Esta tabela exemplifica os módulos necessários para descrever os objetos de imagem para as modalidades definidas. O padrão DICOM apresenta outros módulos. Este trabalho restringe-se a descrever os módulos que estão relacionados com as entidades abordadas no modelo proposto, conforme apresentado na seção 4.4, de acordo com as modalidades CR, CT e MR.

⁶ Estes termos (M, U e C) são definidos no anexo A, da parte 3 da especificação padrão, página 27.

A Figura B.1 apresentada no Anexo B, apresenta em destaque as entidades de informação DICOM, como: paciente, estudo, série, equipamento, referência de *frame*, imagem, *overlay*, curva, modalidade LUT, VOI LUT, etc., que estão relacionadas ao IOD composto (*composite IOD*). Os módulos estão relacionados com tais entidades definidas em B.1 e estão em referenciadas em um ou mais módulos conforme apresentado na Tabela 4.1. Desta tabela não foram apresentados os demais módulos que se referem às demais modalidades especificadas pelo DICOM.

Além dos módulos correspondentes ao IOD de imagem, citados na Tabela 4.1, outros módulos foram incluídos na modelagem do diagrama proposto. Os módulos do DICOM foram apresentados no item 3.1.3. Dos módulos apresentados, fazem parte do escopo modelado os módulos relacionados ao paciente (Tabela 3.1), estudo (Tabela 3.3), resultado (Tabela 3.4) e interpretação (Tabela 3.5). Estes módulos referem-se ao gerenciamento do processo de diagnóstico por imagem, envolvendo desde a solicitação dos procedimentos, o controle da agenda e o registro dos procedimentos realizados. Os módulos que se referem a execução dos procedimentos com o registro do material utilizado, o processo de diagnóstico e o controle da distribuição do laudo entre os responsáveis pelo diagnóstico também foram envolvidos no processo de modelagem. O módulo de visita não foi abordado por representar informações peculiares geralmente pertinentes ao SIH.

4.4 Modelo proposto

O padrão DICOM foi desenvolvido para comunicação de imagens médicas. Além da infra-estrutura de comunicação, o padrão DICOM especifica atributos necessários para o gerenciamento do processo de diagnóstico por imagem, como:

- controle dos procedimentos solicitados;
- agenda dos procedimentos a serem executados;
- acompanhamento e registro do processo, incluindo data, hora e suprimentos utilizados como quantidade e tipo de filmes, drogas adicionais, dados sobre contraste, etc.;
- emissão de laudo com o registro dos responsáveis pela informação e lista de distribuição dos profissionais envolvidos com o laudo;

- referência entre imagens, laudo e informações adicionais geradas durante o processo de diagnóstico como *overlays*, curvas, texto complementar, imagens relacionadas, etc.

Embora o padrão DICOM tenha sido criado para comunicação, a especificação da versão 3.0 trata da comunicação e do armazenamento, uma vez que para transmitir as mensagens os dados precisam ser lidos, geralmente, de dispositivos de armazenamento. O escopo deste trabalho refere-se somente aos dados armazenados, pois é preciso facilitar o desenvolvimento de aplicações que possam localizar os dados diretamente dos arquivos no formato DICOM.

Um IOD, tanto na especificação padrão como no modelo proposto, pode ser definido como uma abstração de um objeto, de acordo com o paradigma da metodologia de orientação a objetos [FURLAN,1998], pois possui uma identificação única e características que descrevem os objetos chamadas de atributos. O IOD é uma definição que representa os objetos do mundo real que compartilham as mesmas propriedades, as mesmas características.

Embora utilize termos como objeto e classe, estes não correspondem exatamente às classes definidas para o modelo proposto, pois o padrão DICOM não é orientado a objetos. Existem alguns desacordos na literatura sobre quais são as características exigidas pela abordagem de objetos, mas elas geralmente incluem quatro aspectos: identidade, classificação, polimorfismo e herança, conforme citado por Rumbaugh [RUMBAUGH et al,1991]. A identidade significa que cada objeto é único, mesmo que todas as suas características coincidam. A classificação significa que os objetos com as mesmas características, ou atributos, e o mesmo comportamento, ou operações, são agrupados em uma classe. Portanto a classe reúne as instâncias de objetos. Polimorfismo significa que uma mesma operação pode atuar de maneira diferente em classes diferentes. Neste trabalho não está sendo abordado o comportamento dos objetos. A capacidade de herança é permitir o compartilhamento de atributos e operações entre classes com base em um relacionamento hierárquico. Uma classe pode ser definida de forma abrangente depois refinada em subclasses. Cada subclasse incorpora, ou herda, as propriedades e acrescenta suas características próprias e exclusivas. Este mecanismo traz

flexibilidade ao modelo e facilita o reaproveitamento de objetos, que é uma das vantagens da teoria de objetos.

Aplicando os conceitos de orientação objetos, o processo de modelagem removeu atributos redundantes, reorganizando os objetos, para que as instâncias destes, realmente possam ter características genéricas para qualquer aplicação que seja desenvolvida. As ligações entre os objetos permitem agrupamentos lógicos que podem ser implementados de forma independente, podendo ser utilizado em outros sistemas.

É importante salientar que todos os atributos utilizados no modelo proposto estão especificados na parte 3 da documentação padrão do DICOM. O escopo abordado envolve objetos compostos, denominados *composite* (ver seção 3.1.5). O que está sendo apresentado como modelo proposto é uma abordagem orientada a objetos para facilitar o entendimento dos dados que podem estar contidos nos arquivos DICOM. O padrão deixa muitos dados considerados optativos a critério da implementação do usuário. Por isso não se pode garantir o conteúdo dos arquivos. Os dados obrigatórios e condicionais estão sendo indicados na descrição do módulo mais adiante.

Optou-se por modelar as entidades DICOM que são necessárias para envolver dados do paciente, do estudo, das imagens de três modalidades e do resultado. Quanto aos objetos de imagem, foram selecionadas três modalidades, CR, CT e MR, por serem bastante utilizadas no auxílio ao processo terapêutico, e apresentarem características como possibilidade de aplicação de contraste, utilização de imagens em série referenciadas, correspondência entre as imagens, etc.

Analisando os módulos relacionados com tais informações, conforme descrito no Anexo B, que descreve o modelo de informação do DICOM, foi possível agrupar em conjuntos os principais dados relacionados ao processo de diagnóstico por imagem, representados por um eixo principal definido como: Paciente – Estudo – Procedimento – Série – Imagem – Resultado. Para que se possa referenciar a cada conjunto foi usado o termo módulo.

Embora esteja sendo usado o mesmo termo, os módulos aqui representados não estão relacionados com os módulos descritos na especificação, pois no processo de modelagem foram retirados os dados redundantes e redistribuídos de acordo com

as características e funcionalidades de cada atributo, dentro do paradigma de objetos. O modelo descreve um conjunto de classes resultantes do processo de modelagem das entidades indicadas como eixo principal acima citado, com os demais atributos relacionados descritos no padrão DICOM. Também apresenta os relacionamentos necessários para que as implementações possam localizar os dados.

Cada módulo é expresso por uma ou mais classes associadas como pode ser visto na Figura 4.1. Um paciente possui zero, um ou mais estudos. Cada estudo apresenta um resultado, nenhum ou vários, dependendo do número de procedimentos que foram solicitados no estudo. Cada estudo pode ter um ou mais procedimentos realizados. Para cada procedimento, pode-se ter zero, uma ou mais séries. Cada série é composta por uma ou mais imagens.

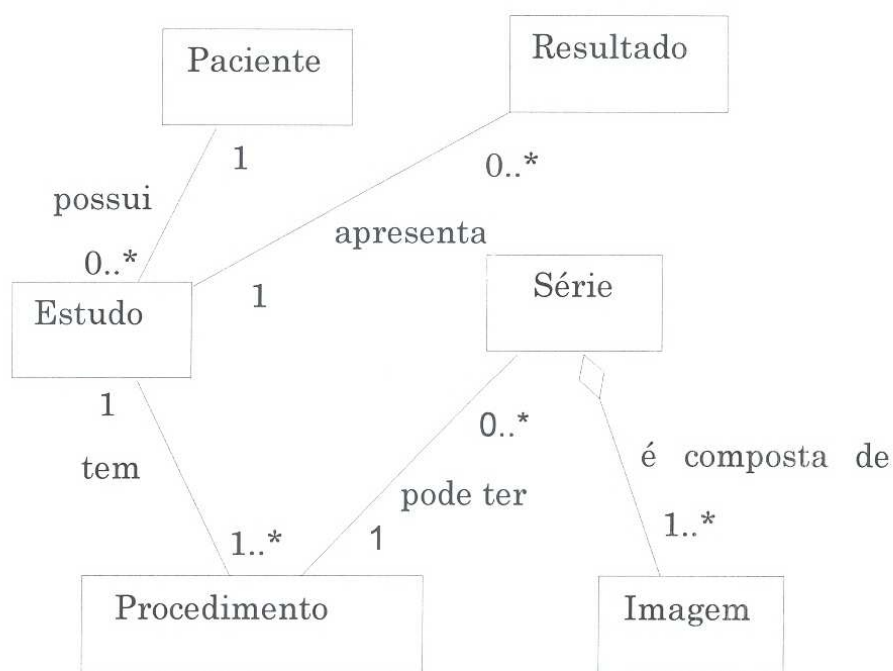


Figura 4.1 - Visão macro dos relacionamentos entre as entidades que compõem o eixo principal abordado neste trabalho.

De forma genérica, cada módulo envolve dados como:

1. Paciente – representa os dados demográficos do paciente;
2. Estudo – compreende um atendimento prestado ao paciente. Pode ser uma consulta médica externa ao hospital ou uma requisição de um médico para um paciente internado. O estudo, dependendo da instituição de

saúde também pode ser estendido para mais de uma consulta médica, quando se trata do mesmo processo de diagnóstico;

3. Procedimento – um estudo pode ter vários procedimentos que requisitam serviços de imagem. Estes procedimentos são registrados, agendados e realizados. Relacionam os dados clínicos para a emissão e aprovação do laudo, além dos dados relacionados aos suprimentos (medicamentos, material para impressão, etc.) para contabilidade e gerenciamento de custos. Os procedimentos podem gerar uma ou mais séries composta de imagens. Os procedimentos registram o fluxo de trabalho do setor de imagens, os responsáveis pela execução das atividades e os dados temporais de cada tarefa;
4. Série – mostra a seqüência das imagens. Todas as imagens adquiridas pertencem a uma série. Portanto, pode-se ter séries com uma única imagem. A série também mantém referência de espaço e tempo dependendo do tipo de modalidade;
5. Imagem – mantém os dados para permitir a reconstrução da imagem. Mantém as referências de informações extras relacionadas com a imagem, como textos, região de interesse, contornos, etc.;
6. Resultado – apresenta as classes que registram as informações que permitem o diagnóstico do estudo, que se trata da junção dos laudos dos procedimentos realizados.

Como os atributos utilizados no modelo referem-se aos dados armazenados, a próxima seção mostra como funciona a estrutura do conteúdo dos arquivos no formato DICOM.

Capítulo 5

Resultados

Este capítulo apresenta a descrição das informações recuperadas dos arquivos no formato DICOM e os resultados obtidos do processo de modelagem. Também é apresentada uma análise das informações recuperadas com os demais atributos das classes do modelo proposto.

5.1 Conteúdo dos arquivos DICOM

Foram testados com o sistema implementado, arquivos de diferentes modalidades, principalmente CR, CT e MR. Observou-se que o conjunto de informações armazenadas é pequeno e acredita-se que os dados são fictícios. Provavelmente por se tratarem de arquivos utilizados para teste.

Alguns atributos são obrigatórios e outros não, como apresentado na Tabela 4.1, que apresenta os módulos obrigatórios, definidos pelo usuário ou opcionais para um IOD de imagem. Nos arquivos analisados pode-se observar que a maioria dos atributos obrigatórios estão implementados no arquivo. Casos como referência de *frame*, indicado como obrigatório não foram encontrados. Isto demonstra que os arquivos analisados não implementam a especificação DICOM em sua totalidade.

A partir da implementação foi possível verificar que os dados podem ser lidos diretamente dos arquivos, pois uma vez identificados os dados contidos no cabeçalho, o restante do conteúdo do arquivo pode ser lido. É possível selecionar as informações desejadas, pois estão indicadas pelas *tags* conforme especificado no padrão.

Na Figura 5.1, apresenta-se uma imagem DICOM com informações relacionadas. Algumas características são apresentadas na própria imagem; pode-se

verificar que é uma imagem que resultou de um processo de tomografia computadorizada, pertence a uma série. É a imagem de número 10 do paciente identificado com o pseudônimo de *Martin Eric*, do sexo masculino, etc. Esta figura representa a leitura do arquivo DICOM através do software Osiris.

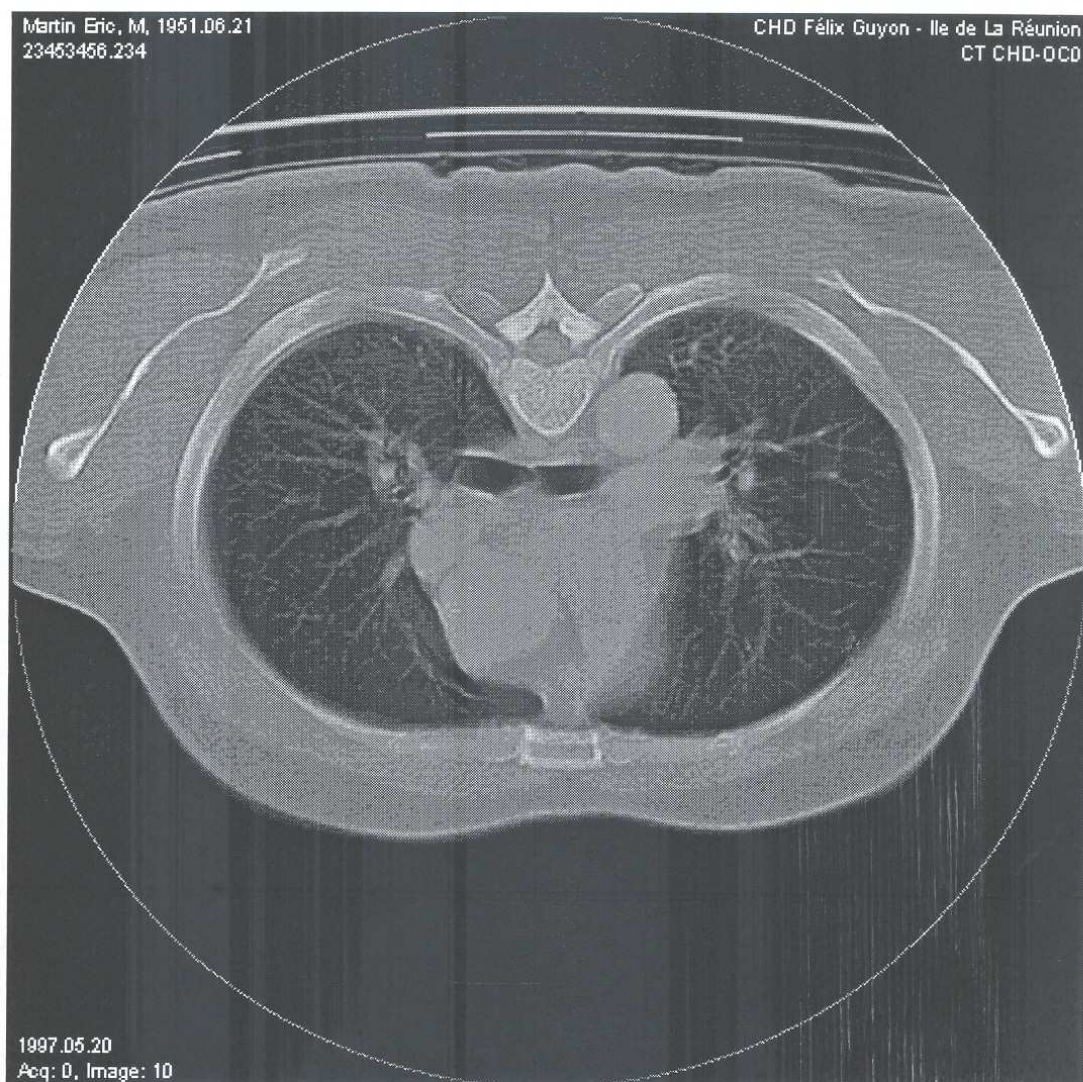


Figura 5.1 – Imagem no formato DICOM apresentada pelo visualizador Osiris

Lendo o mesmo arquivo através do sistema implementado pode-se identificar o resultado na interface apresentada na Figura 5.2. Foram selecionadas algumas *tags* para que fosse possível exibir as mesmas informações nos dois processos.

Como pode ser visto na Figura 5.2, no arquivo usado como exemplo trata-se do tipo *little endian*, de acordo com a sintaxe de transferência contida no arquivo. Alguns dados como endereço e grupo étnico não existiam no arquivo.

Applet Viewer: Form.class

Applet

Imagem

Arquivo: C:\Atividades\mestrado\arquivos tese\Form\M1.dcm

(0028, 0011) Colunas: 512 (0028, 0010) Linhas: 512

(0008, 0060) Modalidade: CT (0020, 0013) Nr. da Imagem: 10

(0008, 0022) Data: 20/05/1997 (0008, 0032) Hora: 10:19:57

Paciente

(0010, 0010) Nome: Martin^Eric

(0010, 1040) Endereço:

(0010, 0020) Registro: 23453456.234 (0010, 0030) Data de Nasc: 21/06/1951

(0010, 0040) Sexo: M (0010, 2160) Grupo Étnico:

DICOM Info

(0002, 0002) Classe SOP: 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2

(0002, 0003) Instância SOP: 1.2.250.1.38.2.1.6769688269.180960

(0002, 0010) Sintaxe de Transferência 1.2.840.10008.1.2.1

Abre Arquivo

Applet started.

Figura 5.2 – Informações recuperadas através do sistema implementado.

Fazendo uma analogia dos dados recuperados com o modelo proposto, arquivo DICOM apresenta informações de diversas classes, conforme ilustrado na Figura 5.3. A localização de uma informação específica como a imagem de um determinado paciente requer a varredura do arquivo, ou de cada arquivo, para encontrar a informação.

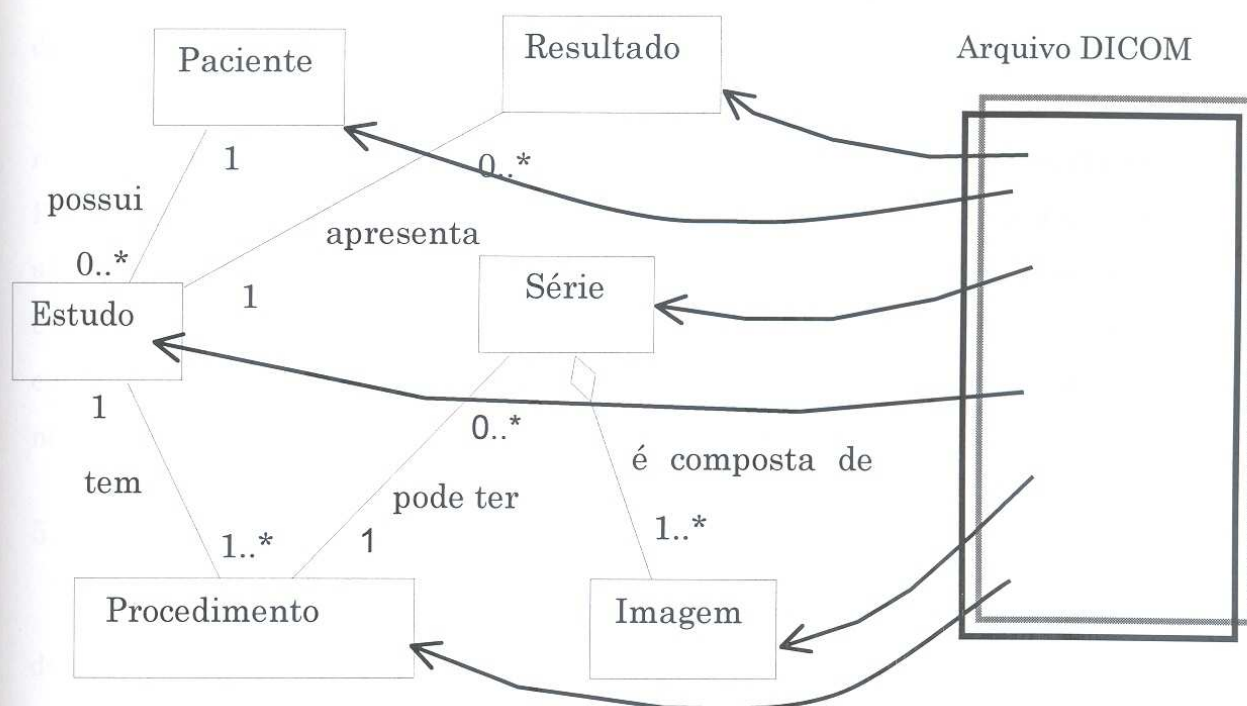


Figura 5.3 – Representação ilustrativa do conteúdo de arquivos no formato DICOM.

Foram testados diversos arquivos no formato DICOM e verificados no Osiris, geralmente encontrando-se os mesmos dados. Em certos casos verificou-se ausência de informação e mesmo de *tags* definidas como obrigatórias pelo padrão.

5.2 Modelo de objetos proposto

Embora não estejam sendo apresentados os atributos dentro das classes no diagrama, os atributos mais relevantes são citados na descrição do módulo. A listagem completa dos atributos de cada classe é apresentada no Anexo A. A descrição de cada atributo pode ser encontrada na parte 3, anexo A e C da especificação padrão. Todos os atributos utilizados no diagrama de objetos fazem parte da especificação do padrão DICOM.

Para representar as classes foi utilizada a notação UML (*Unified Modeling Language*), e a modelagem foi feita através da ferramenta *CASE Rational Rose*¹. Em função do tamanho do diagrama e do número de atributos, nas figuras que representam o modelo foram mostradas somente as classes, as associações entre as

¹ Rational Rose – ferramenta CASE. Site: <http://www.rational.com>. Outubro, 1999.

classes e a referência de cardinalidade de cada instância. Os atributos estão descritos dentro de cada classe no anexo A deste trabalho.

Os módulos Paciente, Estudo e Série apresentam a descrição textual e referenciam o diagrama de classes do modelo completo no final da seção. Os módulos Procedimento, Estudo, Imagem e Resultado são descritos de forma textual e apresentam diagramas individuais que fazem parte do modelo completo. Esta divisão foi feita para permitir a explicação do modelo. Algumas classes foram citadas em mais de um módulo para mostrar os relacionamentos, porém não estão repetidas no modelo completo.

5.2.1 Módulo Paciente

O módulo paciente é composto por classes que descrevem os dados clínicos e demográficos do paciente, através das classes descritas no Anexo A. Os atributos descritos estão representados na especificação padrão do DICOM e são instanciados através dos dados armazenados em um sistema de informação hospitalar.

Um paciente é uma pessoa que está recebendo cuidados médicos. Neste módulo estão as entidades que descrevem os atributos demográficos e na entidade estudo, estão descritos os dados clínicos do paciente. Um paciente pode ter zero ou mais estudos.

O estudo corresponde à solicitação de exames feita pelo médico que está prestando atendimento ao paciente. Os dados do paciente estão diretamente relacionados com os dados dos estudos anteriores, pois estes refletem o acompanhamento do processo clínico do paciente. Os dados clínicos, quando em forma digital em um SIH, podem ser referenciados ao estudo para auxiliar o diagnóstico, apresentando o estado clínico do paciente.

No padrão DICOM, no tópico relacionado aos dados do paciente também são abordados dados sobre o plano de saúde. Para permitir uma parametrização e manter a generalização do modelo, os dados referentes ao plano de saúde foram colocados em classes separadas no modelo proposto, como pode ser visto na Figura 5.7.

5.2.2 Módulo Estudo

O módulo do Estudo mantém o histórico dos exames e diagnósticos feitos, e é onde são registradas as informações clínicas do estado do paciente no momento em que foi solicitado o serviço de imagem.

Um estudo pode corresponder a um atendimento médico. Pode ser em uma consulta médica, onde são solicitados exames, ou um intervalo que compreende a internação e alta do paciente. Para diagnosticar uma patologia, mais de um serviço de imagem pode ser solicitado, estando relacionado ao mesmo estudo.

O estudo inicia com a solicitação dos serviços de imagem que devem ser realizados e finaliza com o resultado que apresenta o relato dos procedimentos executados. Um estudo pode ter mais de um serviço de imagem requisitado. Este serviço pode compreender vários procedimentos. Para cada procedimento pode-se ter um laudo separado que é agrupado para compor o resultado do serviço solicitado.

5.2.3 Módulo Série

A série representa o conjunto de atributos que identificam um grupo de imagens adquiridas na mesma seqüência de tempo. Uma série pode ser agregada com informações específicas de acordo com a modalidade, como é o caso da radiografia computadorizada (CR) que necessita de informações como tipo de filtro usado e posição referenciada na imagem obtida. A série é resultado de uma ação que foi realizada. Todas as séries são compostas de pelo menos uma imagem.

5.2.4 Módulo Procedimento

Cada serviço de imagem requisitado solicita um ou mais procedimentos que são definidos pela classe Tipo Procedimento. A classe Procedimento Requisitado resulta da associação da classe Serviço Imagem Requisitado com instâncias da classe Tipo Procedimento. O tipo de procedimento pode ser personalizado de acordo com cada instituição de saúde pois é definido por um plano de procedimento. A classe Plano Procedimento foi incluída no modelo proposto para completar o fluxo de tarefas do diagnóstico por imagem, pois não está especificada no padrão DICOM, apesar de estar referenciada no modelo estendido, como pode ser visto na Figura B.2. O plano de procedimento é uma seqüência de ações que devem ser executadas

para realizar determinado tipo de procedimento. Estas ações podem ser definidas conforme a necessidade da instituição de saúde e foi mantida a codificação tripla, como indicado na seção 3.1.4. Os procedimentos requisitados podem ter um ou mais procedimentos agendados. Os dados relacionados à aplicação de contraste são atualizados em função do procedimento requisitado que está sendo agendado, através das ações que devem ser executadas, representadas pela classe Ações Agendadas.

A classe Ações Agendadas pode ou ter uma instância correspondente na classe Ações Realizadas. Isto ocorre, pois, como o processo de diagnóstico envolve pacientes com diferentes estados de saúde, situações imprevistas durante a execução dos procedimentos podem ocorrer. A correspondência ou não entre as ações agendadas e as ações realizadas também tem a finalidade de auditoria.

A classe Procedimentos Realizados é composta pelo material utilizado para o procedimento para incluir na conta do paciente. O controle dos custos pode ser mensurado a partir dos procedimentos, pois a partir do que foi gasto facilitar o planejamento administrativo do hospital.

Na Figura 5.4 pode-se observar que a maioria das classes utiliza uma agregação com o código triplo (classe Entidade). Esta abordagem de codificação especificada pelo padrão DICOM e adaptada para o conceito de objetos, procura manter a compatibilidade com a especificação e incentivar o uso de uma forma comum de representação dos procedimentos do serviço de imagem.

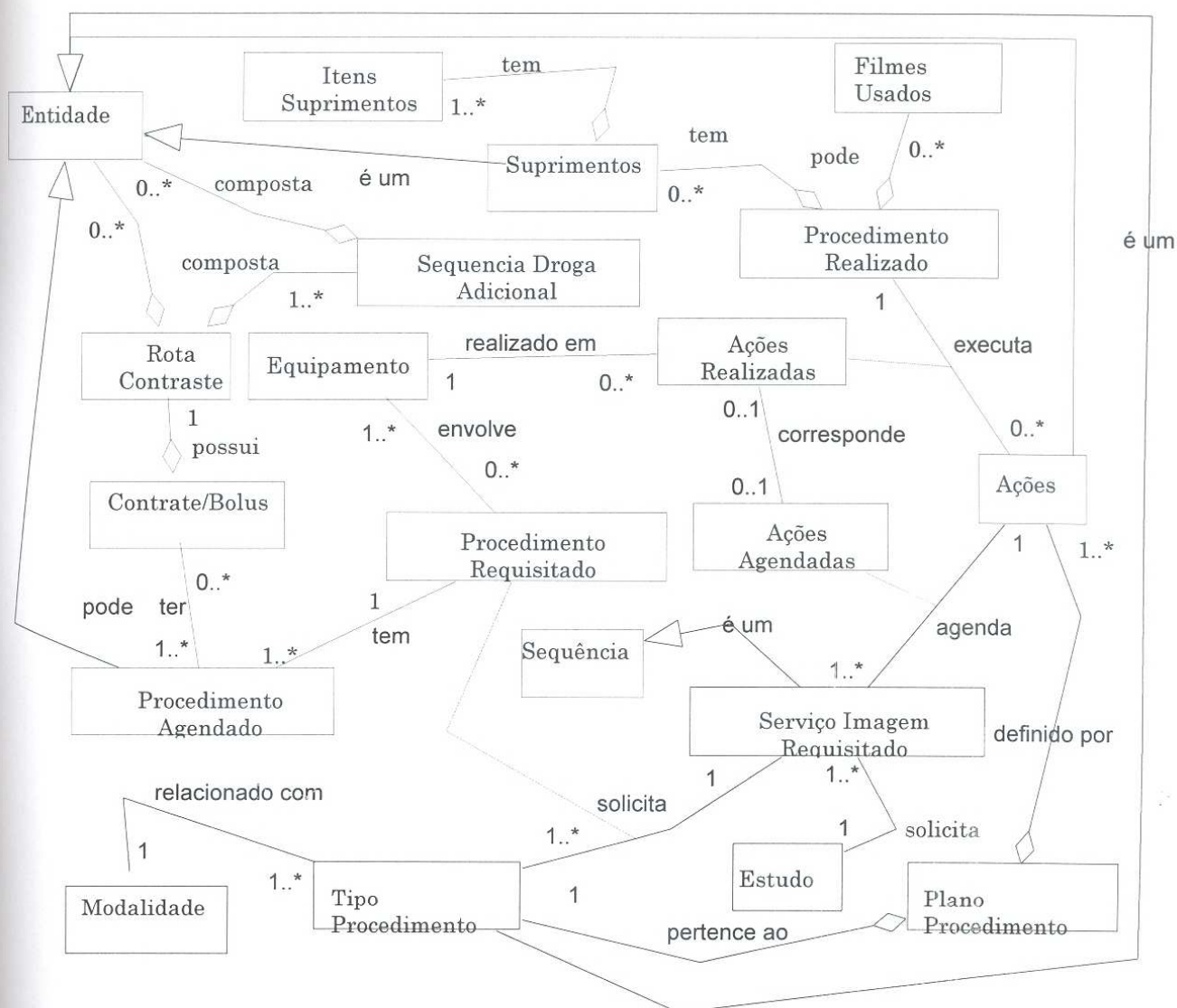


Figura 5.4 - Representação do módulo Procedimento do modelo proposto

5.2.5 Módulo Imagem

A imagem é dependente da modalidade em que é adquirida. Existem atributos que são comuns para as imagens digitais e estão definidos na classe Imagem. Estes atributos comuns são repassados para as instâncias de cada imagem, de acordo com a modalidade e os demais atributos são incorporados. No escopo deste trabalho foram abordados três modalidades de diagnóstico por imagem: radiografia computadorizada (CR), ressonância magnética (MR) e tomografia computadorizada

(CT), que resultaram nas classes Imagem CR, Imagem MR e Imagem CT, respectivamente, como pode ser visto na Figura 5.5.

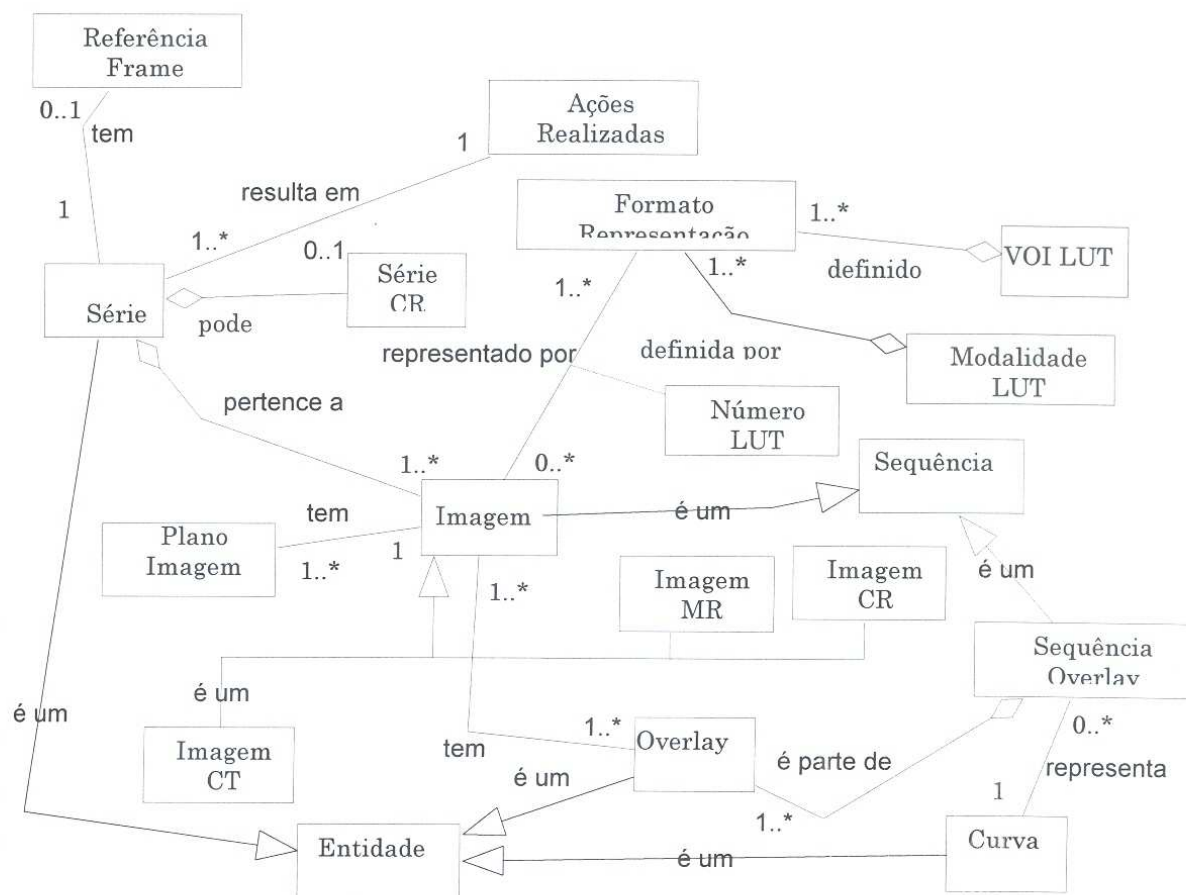


Figura 5.5 - Representação do módulo da Imagem do modelo proposto

Cada imagem está relacionada a uma série, que resultou de uma ação realizada. Pode ter um ou mais planos, definidos pela classe Plano Imagem, que corresponde a uma, duas ou mais matrizes de pixel que formam a imagem. É o que caracteriza uma imagem unidimensional, bidimensional, tridimensional, etc.

Uma imagem utiliza uma tabela de cores para representar cada pixel. A classe Imagem associada a classe Formato de Representação (armazena instâncias LUT, que representam tabela de cores), apresentam um classe associativa chamada Número LUT que identifica cada número que representa o pixel da imagem. A classe Modalidade LUT representa transformações nas imagens para o formato independente do fabricante de equipamento e a classe VOI LUT representa a transformação da imagem para um formato que possa ser visualizada ou impressa.

Uma imagem pode ter zero, uma ou mais informações adicionais representadas pelas instâncias da classe *Overlay*. Uma sequência de *overlay* representa uma curva que pode indicar pontos sobre uma ou mais imagens.

As classes modeladas no módulo Imagem foram baseadas nos conceitos descritos na seção B.1, que apresenta o modelo de informação DICOM original.

5.2.6 Módulo Resultado

O módulo de Resultado apresenta as classes que podem armazenar o laudo e os diversos dados que são anexados. O processo de diagnóstico pode ter a participação de diversos médicos e o conteúdo de cada laudo deve ser definido e preservado. Os dados de um diagnóstico não podem ser alterados. Caso haja necessidade de uma correção é feito um novo laudo e o anterior é mantido como anexo. A versão final é apresentada como resultado do diagnóstico para o médico solicitante.

O laudo caracteriza uma necessidade de controlar as versões das instâncias dos objetos. No processo relacional todo o conteúdo é replicado para alterar somente poucos dados. A abordagem de objetos permite que o controle seja feito diretamente sobre as instâncias do objeto, recuperando as informações anteriores.

Cada interpretação é composta pelos dados referentes à aprovação e esta, por sua vez, é composta por um ou mais aprovações. Cada diagnóstico pode ser parametrizado de acordo com a conduta dos médicos utilizando a codificação tripla proposta pelo padrão DICOM. Dessa forma, para cada diagnóstico feito, é possível obter informações sobre os médicos que participaram do processo de aprovação que está representado no resultado.

O estudo apresenta um ou mais resultados, pois o resultado é a composição do laudo e dos anexos de cada diagnóstico realizado. Dessa forma pode-se ter o controle das versões do laudo e das pessoas envolvidas até o resultado final. A lista de distribuição indica quem deve receber cópia do laudo e das correções anexadas.

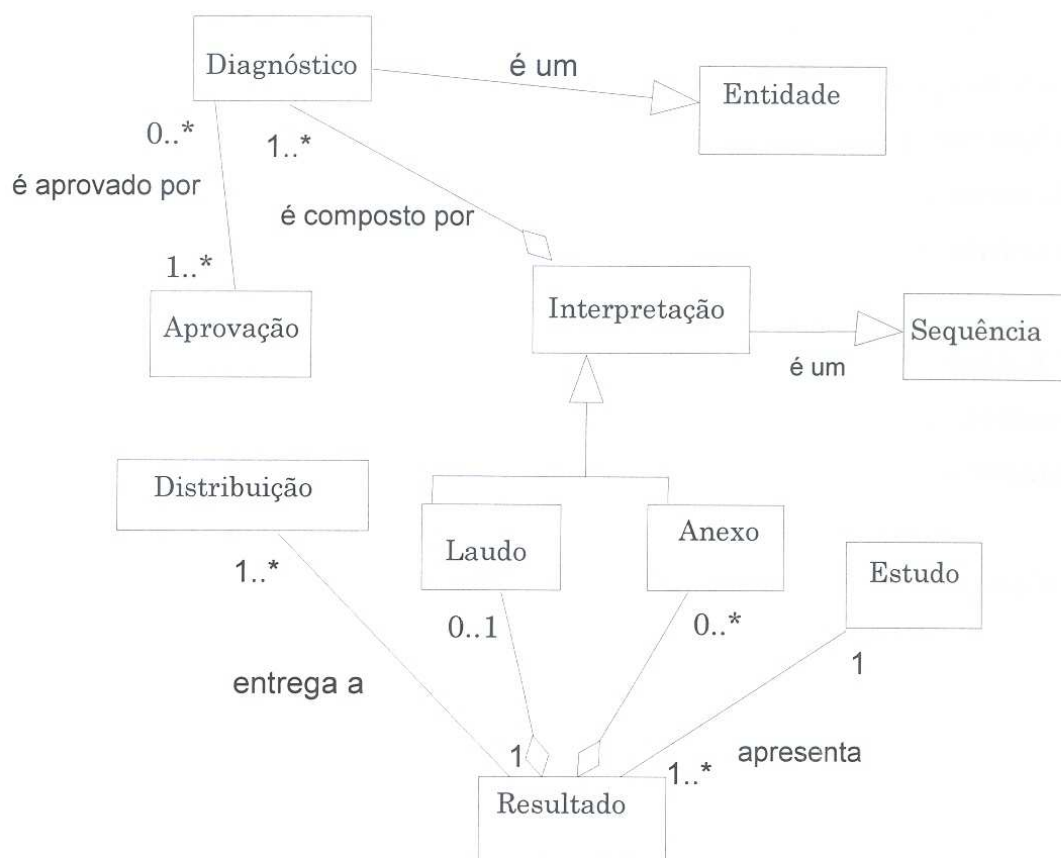


Figura 5.6 - Representação do módulo Resultado do modelo proposto

O trabalho apresentado por Korman [KORMAN, 1998] apresenta um modelo para laudo estruturado específico para a área de endoscopia digestiva, utilizando vocabulário comum definido localmente e o SNOMED DICOM *Micro glossary*. Comparando o trabalho citado com o módulo de resultado da Figura 5.6, pode-se verificar que o modelo proposto é flexível para incorporar os elementos definidos como necessários pelo modelo de endoscopia citado.

5.2.7 Visão geral do modelo proposto

O modelo completo apresenta classes normalizadas de acordo com as formas normais definidas por Boyce-Codd, que conforme afirmado por Furlan², “Ainda que não esteja explícita na UML, a normalização causa simplificação de atributos dentro das respectivas classes colaborando com a integridade e a estabilidade do modelo.”

² Ver capítulo sobre normalização de diagramas de classe em [FURLAN, 1998], página 156.

A visão completa do modelo proposto pode ser observada na Figura 5.7 e trata-se da representação mais detalhada dos módulos abordados e apresentados na Figura 4.1. As cores utilizadas correspondem aos módulos usados nas explicações dos tópicos anteriores. Com o processo de normalização foram criadas novas classes, porém os atributos foram mantidos os mesmos. Apenas alguns atributos que representavam a mesma informação foram suprimidos.

Como pode ser observado comparando a Figura B.2 e a Figura 5.7, que representam o modelo DICOM estendido e o modelo proposto, respectivamente, os objetos não coincidem em terminologia e cardinalidade, mas representam as mesmas funcionalidades e as mesmas informações armazenadas.

A Figura 5.7 representa uma visão global do modelo proposto completo. Os dados modelados incluem os atributos relacionados às imagens das modalidades definidas e o gerenciamento dos procedimentos executados para os serviços de imagem requisitados.

As classes de identificação Entidade e Seqüência estão relacionadas com diversas classes através de um relacionamento de herança, onde os atributos da classe base (no caso, as classes de identificação) são incorporados nas outras classes. Dessa forma, obriga-se às instâncias das classes derivadas (Suprimentos, Diagnóstico, Série, Contraste, Tipo Procedimento, etc.) a incorporação deste atributo, mantendo a compatibilidade com o padrão DICOM.

As classes Seqüência Droga Adicional e Rota Contraste apresentam uma característica especial por representarem um conjunto de instâncias das classes de identificação e foram modeladas com a associação de agregação.

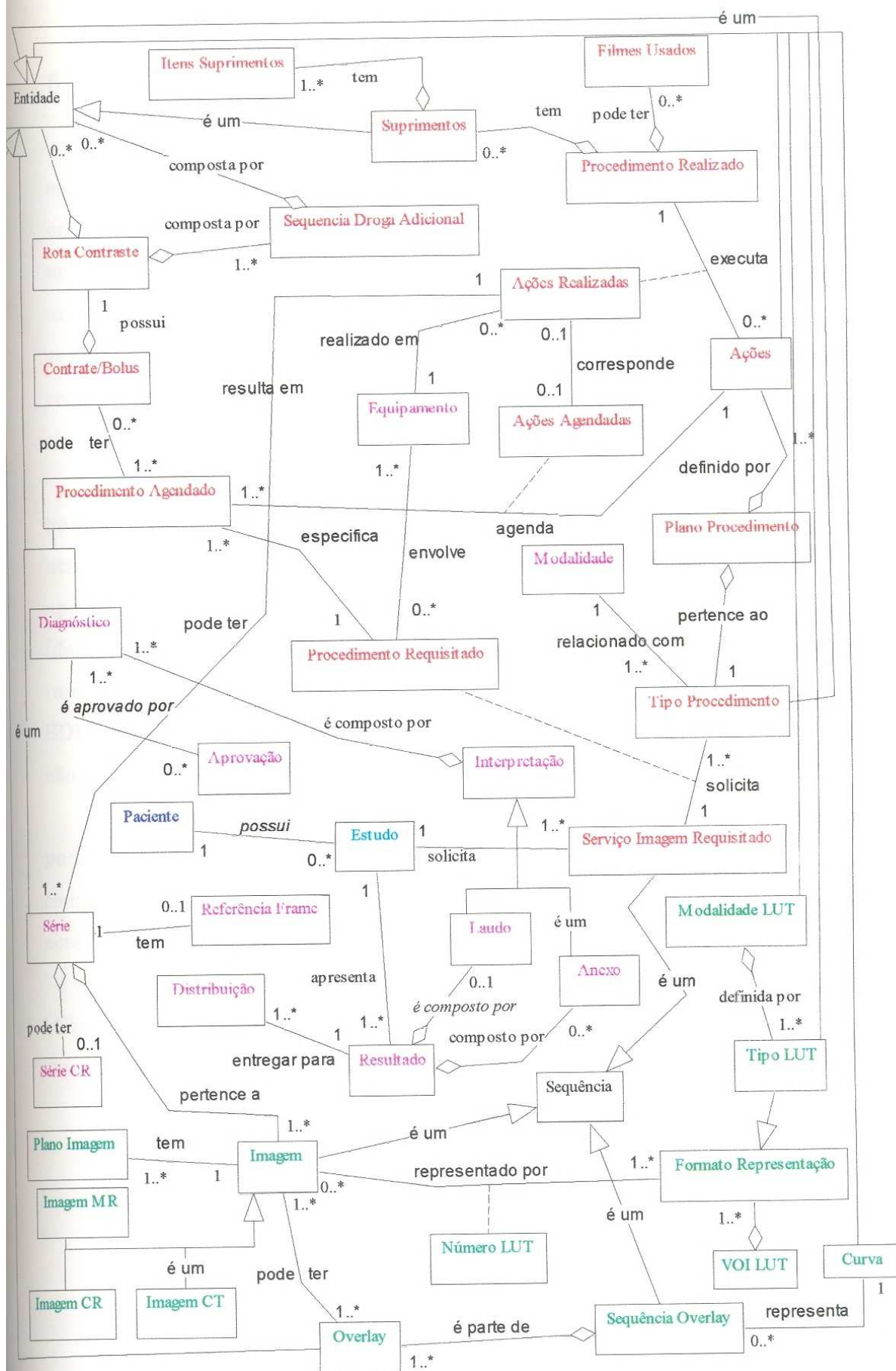


Figura 5.7 – Representação do modelo proposto completo

5.3 Considerações gerais

A partir do processo de modelagem pôde-se verificar que o padrão DICOM especifica muito mais informações do que imagens e dados relacionados. O que se encontra implementado pela indústria de equipamentos de aquisição de imagem são as informações relacionadas à imagem. Como o DICOM armazena os dados em arquivos, a localização de informações relacionadas ao controle de estudos, ao gerenciamento dos procedimentos, pacientes com diagnóstico ou problema semelhantes, etc., a adoção da tecnologia de banco de dados é mais adequada, pois o sistema já fornece infra-estrutura para consulta e pesquisa.

O modelo proposto apresenta de forma geral os atributos especificados pelo padrão DICOM. Geralmente existe um ou mais estudos para que determinados atributos façam parte de um padrão. Sob este ponto de vista, como os dados apresentados no modelo estão baseados na especificação do DICOM podem ser identificados como requisitos para o gerenciamento do processo de diagnóstico por imagem. Estes dados podem ser vistos como um meio de ligação bidirecional entre o SDI e o SIH, permitindo a definição de quais dados são mantidos pelo SIH e quais são recuperados do formato DICOM.

As classes de objetos apresentadas sugerem a criação de módulos de software padronizados e que permitam a integração com outros sistemas, denominando os componentes. Outras classes podem ser agregadas ao modelo proposto para acrescentar funcionalidades ao componente.

Conforme especificado por um dos grupos de pesquisa do CORBAmed, o CIAS (*Clinical Imaging Access Service*) [CIAS, 1999] apresenta requisitos obrigatórios cujos dados podem ser obtidos das classes modeladas. Tais requisitos são:

- localizar imagens baseadas na identificação do estudo;
- fornecer informação sobre hierarquia do estudo, incluindo número e tipo de imagens em cada estudo, e o número e tamanho das imagens em cada série;
- selecionar imagens específicas de um estudo;
- localizar dados gerais da imagem como dados físicos do paciente, do laudo, do estudo, do equipamento, da posição do paciente, etc.

Com o processo de normalização foi possível identificar que o campo de atuação do DICOM é bastante amplo e complexo. Parte da complexidade se deve ao fato de manter a precisão e a referência entre os dados. Com a utilização das tecnologias de modelagem de sistemas e banco de dados, tecnologias estas aliadas à estrutura firme do padrão, pode-se obter sistemas de informação mais robustos e eficazes. O sistema pode ser composto por várias partes que colaboram entre si e fornecem um conjunto de dados mais completo. A alternativa para resolver problemas grandes e complexos ainda é a divisão em partes menores.

5.4 Proposta de componentes

O modelo apresentado na Figura 5.7 apresenta os módulos em cores que agrupam as classes de cada módulo. Algumas classes como Paciente e Estudo são utilizadas em diversos módulos, bem como as classes de identificação Entidade e Seqüência. A partir do modelo proposto citado podem ser desenvolvidos alguns componentes que disponibilizam informações contidas nas classes persistidas no modelo proposto. Tais componentes são resultantes das associações entre as classes e do contexto semântico que as classes representam.

As classes identificadas no modelo proposto refletem os dados contidos em arquivos DICOM. O modelo de objetos apresenta uma visão do relacionamento dos dados persistidos, podendo ser implementado parcialmente, através de um banco de dados, banco de objetos, arquivos ou outro meio de armazenamento. Analisando sob o ponto de vista de desenvolvimento do SIH, o modelo proposto permite que sejam criados componentes que integrem as informações relacionadas ao diagnóstico por imagem ao prontuário do paciente.

Considerando a integração dos dados das imagens com o SIH, um componente muito importante é o *Serviço de Imagem Efetuado (SIE)*, nome dado a um componente que a partir de determinado paciente, retorna a visualização das imagens e do resultado relacionados a um estudo específico do paciente informado. O conjunto de dados a serem levantados por esse componente é grande e dependendo das modalidades envolvidas pode ser bastante complexo.

Um componente pode ser composto por vários componentes menores, facilitando o processo modularizado característico da tecnologia de objetos. Dessa

forma, pode-se ter dois componentes menores, a *imagem* e o *resultado*, que desempenham tarefas específicas e retornam as informações necessárias. As classes envolvidas com cada componente, de acordo com o modelo apresentado na Figura 5.7 são:

- *Imagem* – Paciente, Estudo, Serviço de Imagem, Procedimento Requisitado, Procedimento Agendado, Ações Realizadas, Série e as classes do módulo de Imagem, de acordo com a modalidade;
- *Resultado* – Paciente, Estudo, Resultado, Laudo e Anexo, Aprovação, Diagnóstico e Distribuição.

Considerando que o componente *SIE* seja utilizado por um SIH, iria invocar o componente através de um método público definido na interface do componente, como por exemplo:

SIE.mostraDados(paciente)
ou
SIE.mostraDados(paciente, estudo)

De acordo com o exemplo, a interface definida do objeto apresenta o método *mostraDados()* sob duas formas: com um ou dois argumentos, para identificação do paciente e do estudo, respectivamente. O paciente é um argumento obrigatório e o estudo opcional. O componente serviço de imagens executado localiza as imagens e o resultado em função do paciente e do estudo executando outros componentes, de forma transparente para o sistema que está utilizando o componente. Caso o estudo não seja informado, pode-se retornar os dados referentes ao último estudo registrado.

Cabe ao componente *imagem* a localização dos dados de imagem e a implementação das rotinas de visualização da imagem de acordo com a modalidade, considerando imagens isoladas ou múltiplas, escala de tons de cinza, resolução do monitor, informações adicionais sobre a imagem como *overlays*, curvas, imagens relacionadas, etc. Como o diagnóstico está relacionado com o estudo, cabe ao componente *resultado* localizar o laudo principal, agrupar os anexos, verificar quem aprovou, informar para quem foi distribuído, etc.

Para representar a interação entre os objetos que compõem o componente *resultado* utilizou-se da descrição de cenários e do diagrama de seqüência [FURLAN,1998]. Outras situações como o processo de criar um resultado não está sendo abordado. Somente são apresentados os métodos relacionados com o cenário de *Apresentar o resultado de determinado paciente* conforme descrito abaixo, seguido do diagrama de seqüência, que representa a ordem em que as ações são executadas. O cenário é descrito na Figura 5.8 e o diagrama de seqüência é mostrado no Anexo E. O diagrama de seqüência inicia com um ator, representado por um objeto de interface com o usuário, chamado de *Janela de entrada*. Os demais objetos presentes no digrama pertencem ao modelo e são envolvidos por enviarem ou receberem mensagens.

Cenário: Apresentar o resultado de determinado paciente

Selecionar estudo do paciente, caso não informado, localizar o estudo com data mais recente e caso não encontrado gerar exceção.

Verificar se resultado existe; caso não exista gerar exceção; caso exista, localizar laudo e anexos.

Para cada laudo, verificar os diagnósticos e os responsáveis pela aprovação.

Para cada anexo, verificar os diagnósticos e os responsáveis pela aprovação.

Verificar lista de distribuição do resultado.

Mostrar resultado, incluindo o laudo, os anexos, caso existam e a lista de distribuição.

Figura 5.8 - Cenário do componente Resultado

Os componentes precisam apresentar interfaces bem definidas, através das quais as aplicações cliente utilizam os métodos públicos, como apresentado não Figura 5.9, que mostra um exemplo da definição da interface das classes do componente *resultado*, utilizado de acordo com o modelo proposto.

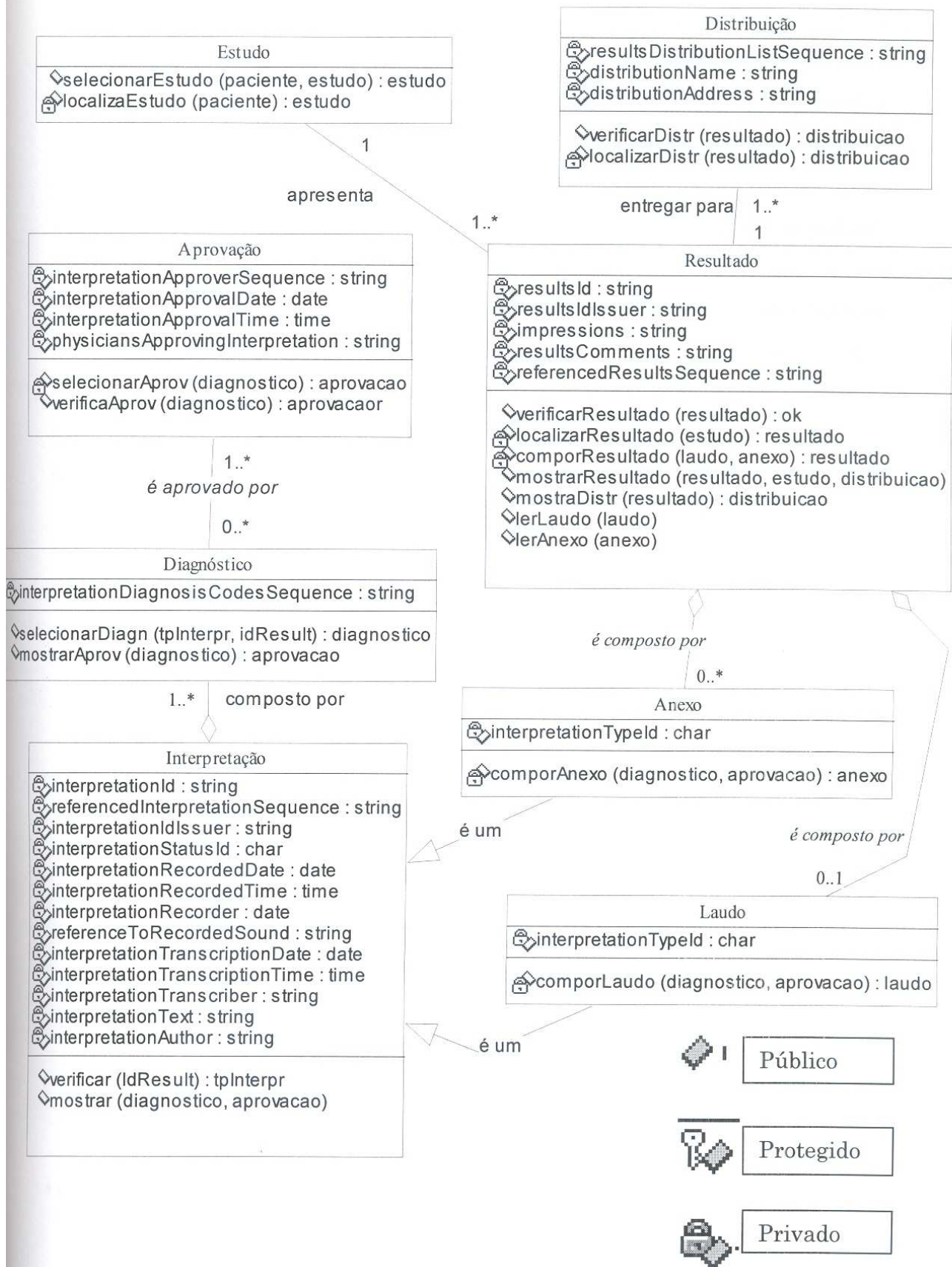


Figura 5.9 - Interface das classes do componente laudo

O componente proposto trata-se de um exemplo de aplicação e precisa de mais alguns detalhes para a implementação, como definir os estados dos objetos, os processos para inclusão, alteração e exclusão, a verificação dos procedimentos relacionados com a segurança de acesso aos dados, tipo de persistência em que os dados se encontram, etc. A própria documentação do componente precisa apresentar mais detalhes, especificamente de implementação para permitir a reutilização do componente em outros sistemas por pessoas distintas.

O CCS-SIS - Consórcio de Componentes de Software para Sistemas de Informação em Saúde³, que agrega diversas instituições de Informática em Saúde, apresenta um modelo de documentação para componentes de software. Este documento não foi utilizado, pois requer a implementação do componente, atividade esta não abordada pelo escopo deste trabalho.

³ <http://www.sbis.epm.br/ccsus/missao.htm>, 20/12/1999

Capítulo 6

Discussão e conclusões

O estudo do padrão DICOM permite afirmar que se trata de uma especificação completa para comunicação de imagens e dados relacionados entre equipamentos distintos. As especificações descritas e os atributos identificados pela norma permitem o gerenciamento das imagens médicas.

Todos os atributos analisados para o desenvolvimento do modelo proposto neste trabalho fazem parte da especificação do DICOM. Portanto, o modelo proposto reflete os dados definidos no próprio padrão. Pode-se observar que o referido padrão especifica muitos dados além do armazenamento e comunicação das imagens e informações relacionadas. O foco principal do padrão DICOM é a imagem. Porém, foi observado que existem muitos dados relacionados que estabelecem ligações entre o paciente e as imagens.

O padrão DICOM define atributos para gerenciar o fluxo de trabalho que ocorre em setores de diagnóstico por imagem. Verificando o fluxo de trabalho típico apresentado por Schmidt [SCHMIDT et al, 1999] que é resultado da análise de vários hospitais europeus e norte-americanos, o modelo proposto possui os atributos necessários para registrar as ações definidas.

Como forma de manter o modelo parametrizado e permitir que possa ser usado em qualquer instituição de saúde o próprio esquema de codificação tripla pode ser usado e foi mantido no modelo desenvolvido. A instituição pode adotar a forma de padronização (de vocabulário, medicamento, procedimentos, etc.) que achar mais conveniente.

A abordagem orientada a objetos apresentada no modelo procura estar de acordo com as tendências emergentes do desenvolvimento de sistemas informatizados e permitir a concordância com novas tecnologias que estão sendo difundidas na área da saúde como o CORBA.

O padrão HL7 apresenta um modelo de informação orientado a objetos conhecido como RIM (*Reference Information Model*) que faz parte das especificações do *HL7 Message Development Framework (MDF) Version 3.0*¹. O HL7 e o DICOM têm metas diferentes e não necessariamente contêm os mesmos dados ou serviços, embora apresentem atributos em comum, principalmente no que se refere ao paciente e aos procedimentos. Analisando o aspecto das imagens, o modelo do HL7 considera a imagem e o dados relacionados como um objeto resultante de um procedimento realizado para um paciente. Acredita-se que o modelo do HL7 e o modelo proposto neste trabalho podem ser integrados para implementações reais e personalizadas de acordo com as características da instituição de saúde.

Recentemente, em resposta à portaria do Ministério da Saúde², surgiram propostas da criação de um conjunto essencial de informações do prontuário com o objetivo de integrar as informações na área de saúde. Analisando os dados da proposta unificada³, elaborada por instituições de Porto Alegre e pelo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, o modelo proposto apresenta a maioria dos dados indicados como obrigatórios. Os dados como situação familiar e escolaridade do paciente, e os dados relacionados aos eventos realizados em função do atendimento (internamento, óbito, alta, etc.) não são abordados pelo modelo desenvolvido por não estarem diretamente relacionados com a área de imagens e sim com o SIH.

O modelo proposto é uma visão geral do conteúdo dos arquivos DICOM e permite uma implementação bidirecional, integrando dados do SIH com o SDI e vice-versa. Partindo-se do princípio que os atributos especificados já foram discutidos e estudados para se tornarem parte do padrão, a função do modelo

¹ A documentação completa do HL7 versão 3 pode ser encontrada no site: <http://www.mcis.duke.edu/standards/hl7/hl7.htm>.

² Portaria n.º 3947/GM do Ministério da Saúde, publicada no Diário Oficial de 25/11/1998.

³ A proposta unificada está disponível no site <http://www.datasus.br/sop>

proposto é utilizar uma ferramenta da informática para divulgar tais dados e facilitar o desenvolvimento de novas aplicações.

O desenvolvimento do SIH, ou dos vários sistemas que compõem o SIH, é uma tarefa árdua e peculiar. Os sistemas de informação precisam respeitar as características de cada instituição, portanto, precisam ser desenvolvidos com a participação dos profissionais de saúde. Não é uma tarefa fácil informatizar as características subjetivas da prática médica. Conforme citado em [RUBIN et al,1999] “Bons resultados são conseguidos com alianças entre os usuários, desenvolvedores e administradores, garantindo que as necessidades estão sendo supridas com satisfação.” Portanto, sistemas prontos dificilmente atendem prontamente às necessidades. Cada instituição de saúde possui características peculiares que precisam ser atendidas e soluções específicas precisam ser desenvolvidas.

O modelo desenvolvido neste trabalho é genérico e precisa ser especificado de acordo com as necessidades. Os requisitos representam os problemas que devem ser resolvidos com o uso das tecnologias de informatização. A identificação dos requisitos já é uma tarefa árdua. No trabalho realizado por Zanlorenzi [ZANLORENCI,1999] são citadas diversas considerações sobre a identificação dos requisitos e a participação os usuários no processo. O êxito no desenvolvimento, principalmente em uma área dinâmica como o ambiente hospitalar depende de quais problemas está se tentando resolver.

O trabalho aqui desenvolvido procura auxiliar no processo de desenvolvimento de sistemas hospitalares com as imagens integradas aos dados do paciente. Concluindo, é preciso analisar duas questões:

1. implementar o modelo proposto como parte SIH recuperando os dados necessários dos arquivos DICOM;
2. armazenar os dados apresentados no modelo proposto no formato DICOM.

Considerando a primeira questão, a partir do programa desenvolvido no decorrer deste trabalho é possível afirmar que a recuperação das informações diretamente dos arquivos DICOM é viável, porém apresenta um custo de desenvolvimento considerável em função da abrangência do padrão.

Uma forma de facilitar o acesso às informações é investir no desenvolvimento de componentes que possam ser integrados ao SIH e recuperem os dados necessários para cada implementação específica. O desenvolvimento de software modularizado permite flexibilidade e escalabilidade, características bastante desejáveis em ambiente hospitalar.

As imagens e os dados relacionados podem continuar em formato DICOM. As informações necessárias podem ser recuperadas e passam a fazer do banco de dados do SIH, com a possibilidade de serem acessadas por usuários autorizados. A pesquisa de informações em base de dados é mais rápida e mais adequada que em arquivos, como é o caso do DICOM.

Considerando o segundo ponto, a princípio, poderia se afirmar que somente os dados gerados pelos equipamentos de aquisição de imagens devem permanecer no padrão DICOM, visto a complexidade do padrão, o árduo trabalho necessário para desenvolver as aplicações e a dificuldade de localização das informações em arquivos.

Pensando de forma mais ampla, a integração entre as instituições de saúde está se tornando necessária. Conforme aconteceu com o sistema financeiro, a tendência é que a integração e a comunicação dos dados entre as instituições de saúde seja forçada principalmente em função da melhoria da qualidade na prestação dos serviços de saúde.

Sem padronização não é possível a troca de informações, principalmente entre sistemas informatizados. A troca de informações entre instituições distintas pode trazer grandes benefícios para aprimorar o atendimento ao paciente e facilitar a pesquisa. Pode-se comparar dados distintos, parametrizá-los, facilitar o acesso às informações do histórico dos pacientes atendidos em outros hospitais e implementar processos de auditoria e qualidade.

Dessa forma, o arquivo DICOM pode permitir a integração das informações entre instituições. Neste trabalho, o armazenamento dos dados no formato especificado pelo DICOM não foi implementado, sendo indicado para ser desenvolvido como um trabalho futuro.

O desenvolvimento de componentes para uso local ou para uso em ambientes distribuídos, facilitando o processo de desenvolvimento de software.

O uso de tecnologias como CORBA permite a aplicação e viabilização da telemedicina. A distância física não impede o acesso às informações e às imagens, através da teleradiologia. O padrão DICOM pode ser usado através da Internet. Os dados podem estar distribuídos e integrados de forma transparente para o usuário e de forma mais fácil para o desenvolvedor.

Outro trabalho que pode ser desenvolvido é a implementação do modelo em um ambiente hospitalar real, identificando-se os requisitos necessários, quer seja para informatização do setor de imagens, ou para fazer parte do SIH.

O modelo apresentado poderá ser expandido para acrescentar outras modalidades e receber um refinamento para incorporar outros atributos. Inclusive tornando compatível com outros padrões como HL7, os serviços do CORBAmed, etc.

A integração dos dados permite a formação de base de dados para controle da qualidade no atendimento ao paciente e para o desenvolvimento da pesquisa. A facilidade do acesso aos dados integrados, incluindo dados das imagens médicas, fornece um vasto material para o desenvolvimento da pesquisa científica.

Finalizando, a realização deste trabalho representa a utilização da tecnologia de objetos para facilitar o desenvolvimento de sistemas informatizados integrando as informações clínicas do paciente associadas às imagens, contribuindo desta forma para a melhoria da gestão das imagens médicas em ambientes hospitalares.

Referências Bibliográficas

- ABRAHAO, MKF, PAROLIN MKF, VILAR G , AMORIN MF. *Standardization in Information System in Health Environment: Introduction to HL7*. XV Congreso Anual de la Sociedad Espanola de Ingenieria Biomédica – CASEIB 97, Libro de Actas / editor: Juan F. Guerrero Martínez – Calencia, Espanha. 1997, 195-198.
- ACR-NEMA (American College of Radiology and National Electrical Manufactures Association). Rosslyn, VA: NEMA Standards Publications, 1996; PS3.1-1996-3.13-1996,PS3.14-1998.
- Active X for Healthcare: *Active X for Healthcare Overview*. Online: Hewlet Packard: February 8, 1998. Internet: <http://www.mshug.org/activex/intro.htm>, 15/11/1999.
- AMIA (American Medical Informatics Association) Board of Directors. *Standards for Medical Identifiers, Codes, and Messages Needed to Create na Efficient Computer-Stored Medical Record*. Journal of the American Medical Informatics Association, 1994 1:1-7.
- BARBIERE, C. *Os Componentes e os Pacotes Integrados de Gestão Empresarial*. Developers Magazine. Ed. Axcel Books. 1998 Out; 3(26):38-39.
- BEELEER, G. *HL7 Version 3 – An Object-Oriented Methodology For Collaborative Standards Development*. International Journal of Medical Informatics 48 (1998) 151-161
- BERG, K. *The Component Corner Component-Based Development: No Silver Bullet*. Object Magazine. March, 1997.
- BIDGOOD WD Jr. *The SNOMED DICOM Microglossary: Controlled Terminology Resource for Data Interchange in Biomedical Imaging*. Special Issue of Methods of Information in Medicine. Submitted December 3, 1996. Presented at the Conference on Natural Language and Medical Concept Recognition. International Medical Informatics Association, Working Group Six. Ponte Vedra, FL. January 19-22, 1997.
- BIDGOOD WD Jr; ALSAFADI Y; TUCKER M; PRIOR F; HAGAN G; MATTISON JE. *The Role Of Digital Imaging And Communications In Medicine In An Evolving Healthcare Computing Environment: The Model Is The Message*. Journal Digital Imaging, 1998, 11(1):1-9.

- BIDGOOD WD Jr; HORI SC; PRIOR FW; VAN SYCKLE DE. *Understanding And Using DICOM, The Data Interchange Standard For Biomedical Imaging*. Journal American Medical Informatics Association, 1997, 4(3):199-212.
- BOOCH, G. *Object-Oriented Design with Applications*. Redwood City. CA: Benjamin/Cummings, 1992
- BRAGA R.M.M. *Um Passo à Frente na OO: Desenvolvimento por Componentes*. Developers Magazine. Ed. Axcel Books. 1998 Out; 3(26):18-21.
- BROWN et al. *Standardisation In Medical Image Management*. International Journal of Medical Informatics. 48 (1998) 227-238
- CEN/TC 251. *Request And Report Messages For Diagnostic Service Departments. Medical Informatics*. CEN/TC 251/N95-027 Draft First Working Document (Red Cover Procedure) CEN/TC 251/PT3-022 BC-IT-M-021 v. 1.1, 1995-08-18.
- CIAS - *Clinical Image Access Service Initial Submission*. Philips Medical Systems & Siemens Health Services. April 30, 1999. OMG TC Document. Internet: <http://www.omg.org/docs/corbamed/99-04-06.zip>, 03/09/1999.
- CIAS RFP - *Clinical Image Access Service RFP*, OMG TC Document. Internet: <http://www.omg.org/docs/corbamed/98-06-17.zip>, 3/09/1999.
- COLLEN, MF. *A History of Medical Informatics in the United States*. AMIA Press, 1996.
- Conselho Federal de Medicina. *Resolução número 1.331/89*. Art. 1º e 2º. Diário Oficial da União: 25.09.1989, pg. 171415.
- COOK, JF. et al. *Meta-Manager: A Requirements Analysis*. Journal Digital Imaging, vol 12, no. 2, suppl 1 (may), 1999: pp 186-188.
- CREIGHTON, C. *A Literature Review On Communication Between Picture Archiving And Communication Systems And Radiology Information Systems And/Or Hospital Information Systems*. Journal Digital Imaging, Vol.12. no. 3(aug) 1999:pp 138-143.
- CUMMINGS B.A. *RIS Integration Strengthens PACS. PACS Under Managed Care*. Diagnostic Imaging 17:13-14, 1995 (Suppl 1).
- DE MOOR, G. J. E., 1993. *Standardization In Medical Informatics*. Yearbook of Medical Informatics. Ed. J. H. van Bommel and A. T. McCray. Stuttgart: Schattauer Verlag, 1993. Pp. 61-66
- DE MOOR, G. J. E., and VAN MAELE G. *Standards in Healthcare Informatics and Telematics*. Brussels: CEN/TC 251, 1996.
- DEGOULET, Patrice; FIESCHI, Marius. *Introduction to Clinical Informatics*. Springer. 1996. New York cap. 9 117-130.
- DICK, R. STEEN, E. DETMER, D. *Telemedicine - A Guide to Assessing Telecommunications For Health Care*. Committee On Improving The Patient Record - Division Of Health Care Services- Institute Of Medicine - National Academy Press, Washington, D.C., 1996

- DICK, Richard; STEEN, Elaine; DETMER, Don. *The Computer-based Patient Record*. Committee On Improving The Patient Record – Division Of Health Care Services - Institute Of Medicine – National Academy Press, Washington, D.C., 1997
- DICOM - *Digital Imaging and Communications in Medicine*. NEMA Publications PS 3.1-PS 3.12. The National Electrical Manufacturers Association. Rosslyn, VA, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998.
- FURLAN, JD. *Modelagem De Objetos Através Da UML*. Ed. Makron Books . 1a. ed. São Paulo:1998.
- GARLAND HT et al. *Interfacing The Radiology Information Systems To The Modality: An Integrated Approach*. Journal Digital Imaging. 1999, vol 12:2:1 (may), pp91-92.
- GIBAUD, B., GARFAGNI H., AUBRY F., PKROPEK, A. T., CHAMEROY V., BIZAIS I., DI PAOLA R. *Standardization In The Field Of Medical Image Management: The Contribution Of The Mimosa Model*. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1998, vol. 17:1.
- GREVERA, GJ et al. *A WWW to DICOM Interface*. <http://oasis.rad.upenn.edu/~grevera/papers/spie/mi96/www/paper.html>, 10/10/1999.
- HANLON, W. B., FENER, E. F. *Data Storage and Management Requirements for the Multimedia Computer-based Patient Medical Record*. <http://www.computer.org/conferen/mss95/hanlon/hanlon.htm>, 28/10/1999.
- HINDEL, R. *History And Essentials Of DICOM*. Chapter 2. Implementation of the DICOM 3.0 Standard – a pragmatic book. RSNA. 1994, pp.16-19.
- HL7 - *Health Level Seven. An Application Protocol or Electronic Data Exchange in healthcare environments*. Version 2.2. Health level Seven, Inc., Ann Arbor, MI 1994.
- HOEN, H et al. *Papyrus 3.1 – The DICOM Compatible Format. Digital Imaging Unit*. Center of Medical Informatics of University Hospital of Geneva. 1993-1996. Internet: <http://www.expasy.ch/UIN/html1/projects/papyrus/DownloadPapyrus.html>, 18/11/1999.
- HORII S. C.; PRIOR, F. W.; BIDGOOD W. D.; PARISOT C.; CLAEYS, G. *Introduction to the ACR-NEMA DICOM Standard*. Radiographics. 1992 Mar;12(2):345-55
- HUANG, H. K., *PACS – Picture Archiving And Communications Systems In Biomedical Imaging* (New York: VHC Publishers, Inc, 1996)
- HUMPHREYS, B.L., HOLE W.T., McCRAY A.T. and FITZMAURICE J.M.. *Planned NLM/AHCPR Large-Scale Vocabulary Test: Using UMLS Technology To Determine The Extent To Which Controlled Vocabularies Cover Terminology Needed For Health Care And Public Health*. Journal of the American Medical Informatics Association, 1996, 3:281-287.
- IMSIG (Image Management Special Interest Group): *Mission Statement/Goals and Milestone/Work in Progress*. February 7, 1997. IMSIG: Internet:

- <http://dumccss.mc.duke.edu/standards/HL7/sigs/imagemanagement/mission.htm>, 07/08/1999.
- JACOBSON, I. *Object-oriented Software Engineering – A Use case Driven Approach*, Addison Wesley Publishing Company, 1992.
- JOHNSON, Stephen B. *Generic Database Modeling for Clinical Repositories*. . Journal of the American Medical Informatics Association. 1996:3(5).
- KAIHARA S. Realisation Of The Computerised Patient Record; Relevance And Unsolved Problems. International Journal of Medical Informatics. 1998, 49:1-8.
- KAMM, K. F. *The Future of Digital Imaging*. The British Journal of Radiology. Special Issue, nov, 1997; S145-S152.
- KEAYES, Robb. *White Paper On HL7-DICOM Interoperability: HIS/RIS-PACS Intercommunication In Mixed DICOM HL7 Environment*. Version 1.1 december 10, 1995. Internet: <http://dumccss.mc.duke.edu/standards/HL7/sigs/image-management/im-home.html>, 10/11/1999.
- KORMAN et al. *Structured Reporting In Gastrointestinal Endoscopy: Integration With DICOM And Minimal Standard Terminology*. International Journal of Medical Informatics. 48 (1998) 201-206.
- LEVIGNE BA. MEISSNER MC., MUN SK. *Is Adoption Of Standards Enough: Examples of ACR-NEMA Interface Implementations*. Online: Georgetown University, Department of radiology: Internet: october 13, 1997. <http://www.fmac.georgetown.edu/publications/spie95/marione.htm>, 09/09/1999.
- LEVINE B. *A Trio Of Interfaces Pilots Communications Networks*. Diagnostic Imaging Focus on PACS, 1990, 12:1.
- MARTIN, J. *Princípios de Análise e Projeto Baseados em Objetos*. Ed. Campus. 1a. ed. Rio de Janeiro: 1994.
- MARTINEZ, R., COOK, J., TIRADO-RAMOS, A. *A Java/CORBA DICOM Adapter Service For Dicom – Compliant Datasets*. Proceeding I Congreso LatinoAmericano de Ingenieria Biomédica – Mazatlan 1998, 621-622.
- MCDONALD, C. *Healthcare Informatics Standards*. Duke University Medical Center - <http://www.mcis.duke.edu:80/standards/guide.htm>, 18/11/1999.
- OFFENMULLER W. *Expectations And Solutions For His/His/Pacs Dataflow And Workflow*. J. Digital Imaging 10:95-98, 1997 (Suppl 1)
- OMG (Object Management Group): *OMG Background Information: What is CORBA?* February 18, 1998. Internet: <http://www.omg.org/about/wicorba.htm>, 10/10/1999.
- ORFALI R, HARKEY D, EJ. *The Essential Distributed Objects Survival Guide*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1996.
- OSADA M, NISHIHARA E. *Implementation And Evaluation Of Workflow Based On Hospital Information Systems/Radiology Information System/Picture Archiving And*

- Communication System*. J. Digital Imaging Vol 12, no 2, suppl 1 (may) 1999: pp103-105.
- PARDELLANS JP, PEDEMONTE JC, LAYRET JL. *Sistemas de Archivo y Comunicación de Imagen em Radiología*. Ver. Radiologia 1994. Vol 36(2) pp. 67-76.
- PARISOT, C. *The Open Communication Of Image And Related Data With The DICOM Standard*. Chapter 2. Implementation of the DICOM 3.0 Standard – A Pragmatic Book. RSNA. 1994.pp.29-38.
- PEER, S. et Al. *Sophisticated Hospital Information System/Radiology Information System/Picture Archiving And Communication System (PACS) Integration In A Large-scale Traumatology PACS*. Journal Digital Imaging, vol 12, no. 2, suppl 1 (may), 1999: pp99-102.
- PRIOR, Fred. *Designing DICOM Conformance*. Chapter 2. Implementation of the DICOM 3.0 Standard – a pragmatic book. RSNA. 1994.pp.16-19.
- REDDY E.; et al. *Experiences with ARTEMIS – An Internet-Based Telemedicine System*. Proceedings AMIA 1997, 759-63.
- RENET, B. *DICOM Cook Book Implementations In Modalities*, chapter 1 and 2, version 1.1, 14 january 1997. Philips Medical Systems Nederland B.V., 1996,1997. Site: ftp://ftp.philips.com/pub/ms/dicom/DICOM_Information/CookBook.pdf, 02/07/1999.
- RUBIN, RK et al. *Bridging The Gap: Linking A Legacy Hospital Information System With A Filmless Radiology Picture Archiving And Communications System Within A Nonhomogeneous Environment*. J. Digital Imaging, vol 12, no. 2, suppl 1 (may), 1999: pg. 96-98.
- RUMBAUGH, J; BLAHA, M; PREMERLANI, W; EDDY, F; LORENSEN, W. *Object-Oriented Modeling And Design*, New York, Prentice Hall, 1991.
- SCHMIDT, J et al. *Workflow Management Systems – A Powerful Means To Integrate Radiologic Processes And Applications Systems*. J. Digital Imaging, vol 12, no. 2, suppl 1 (may), 1999: pg. 215-215.
- SETZER, V W. *Banco de dados*. 1 Ed. Ed.: EDGARD BLUCHER. São Paulo:1995.
- SHLAER, S. & MELLOR, S. *Object oriented Systems Analysis: Modeling the World in Data*. Englewood Cliffs, Yourdon Press. New Jersey:1998.
- SIEGEL, J. *CORBA Fundamentals and Programming*. John Wiley & Sons, 1ª ed. New York:1996.
- STASIU, RK. BICHINHO, GL., ABRAHÃO, MT. *Hospital Information System for the Radiology Department*, XVII IASTED, Innsbruck,1999, 151-54.
- STUART B.K., LANGER S G. *Integration of DICOM Images Into an Electronic Medical Record Using Thin Viewing Clients*. Proceedings AMIA 1998, 902-906.
- VEADER PC. *The Missing Links*. February 16, 1997; Internet: august 30, 1997. <http://www.erols.com/veader/missing.htm>, 10/11/1999.

- VON LAND C.D., LASHIN V., ORIOL A., *Object-Oriented Design Of The DICOM Standard And Its Application To Cardiovascular Imaging*. Villanueva. <http://www.cvc.uab.es/~craig/dicom/oo-dicom.htm>, 10/07/1999.
- WALLER, A., *Legal Aspects Of Computer-Based Patient Records And Record Systems*. Appendix B - Computer-Based Patient Record - An Essential Technology Of Health Care, Committee On Improving The Patient Record - Division Of Health Care Services- Institute Of Medicine. Edition Revised. National Academy Press, Washington, D.C., 1997.
- WONG, A W.K., HUANG, H.K., ARENSON, R.L. *Hierarchical Image Storage: Design And Implementation For A Distributed PACS*. SPIE Proceedings, Vol. 2435:61-67, 1995.
- YOURDON, E. COAD P. *Análise Baseada em Objetos*. Ed. Campus. 2ª ed. São Paulo:1996.
- ZANLORENCI, EP. *Descrição E Qualificação De Requisitos: Um Modelo Aplicável À Análise E Validação Da Informação*. PPGIA - PUC-PR Dissertação de mestrado. 1999.

Índice Remissivo

A

Abordagem relacional	31
ACR-NEMA	5, 34, 79
Agregação.....	58,62
Ambiente cliente/servidor	69
Ambiente distribuído.....	25
Arquitetura aberta e distribuída.....	29
Arquitetura CORBA.....	72
Arquitetura de um ambiente hospitalar ...	13
Arquitetura PACS.....	18
Arquivo DICOM	50, 51
Associação.....	62
Associação Binária.....	62
Associação Unária.....	62

B

<i>Big endian</i>	79
-------------------------	----

C

Cardinalidade.....	62
CEN-TC251.....	33
CIAS.....	27, 99
CIAS-RFP	27
Classes SOP.....	40
<i>Code Meaning</i>	42
<i>Code Value</i>	41
<i>Coding Scheme Designator</i>	41
Componente.....	70

Componentes	66
componentes de hardware (PACS)	19
Composite	40, 43, 81, 83
Composite Image IOD	41
Conceitos OO.....	55
Conceitos OO - exemplo.....	58
Conformance Statement.....	39
Conselho Federal de Medicina.....	3
Consórcio de Componentes de Software para Sistemas de Informação em Saúde	104
Conteúdo dos arquivos DICOM	86
CORBA...25, 26, 27, 30, 31, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 106, 109	
CORBAMED.....	25, 99

D

Diagnóstico por imagem...5, 6, 7, 8, 12, 15, 16, 33, 45, 46, 81, 93, 99, 100, 105	
Diagrama de classes.....	63, 90
DICOM...7, 8, 9, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 49, 51, 52, 54, 58, 60, 63, 76, 79, 81, 82, 87, 88, 92, 99, 100, 105, 106, 108, 109, 131, 146	
DICOM - Estrutura do padrão	35
DICOM - características	38
DICOM - histórico.....	34
DICOM - partes da documentação.....	35

DICOM e HL7..... 23, 24

DICOM, HL7 e CORBAmed..... 27

E

Encapsulamento..... 57

Entidades DICOM..... 79

Estrutura do padrão DICOM 35

F

Ferramenta *CASE* 89

Film-less hospital..... 6

Formas normais 63

Formato GIF 32

H

Herança..... 55, 62

HL7..... 23, 28

HTML..... 32

I

Identificação dos requisitos..... 8

Imagem em formato digital..... 50

Imagens médicas 49

IMSIG..... 26

Information Object Definition..... 40

Information Object Modules 45

Informatização do hospital 16

Integração de sistemas..... 22

Integração entre sistemas..... 20

Internet..... 39

Interoperabilidade..... 37

IOD..... 40, 41

IOM 44

L

Linguagem Java..... 78

Little endian..... 79

M

Middleware 25, 31, 72

Modalidades..... 2

Modalidades abordadas..... 76

Modelagem de sistemas..... 59

Modelo de Informação DICOM..... 42, 43

Modelo de Informação DICOM estendido
..... 137

Modelo de Informação DICOM original..... 131

Modelo de objetos..... 5, 8, 9, 30, 40, 60, 61,
63, 64, 65, 68, 100

Modelo de objetos proposto..... 89

Módulos do DICOM..... 81

N

Nomenclaturas 4

Normalização 63, 69, 96, 97, 100

Normalized..... 40, 41, 43

Notação padrão UML 62

O

Objeto DICOM 35, 37, 40, 79

Objetos distribuídos 69

OMG 25, 26, 67, 70, 72

ORB 25

Orientação a objetos.. 24, 27, 31, 54, 55, 67,
68, 70, 82

Osiris..... 78, 87

P

PACS 6, 13, 14, 15, 17, 18, 28, 29, 32

Padrões..... 4

Padronização 105

Papyrus 54

Paradigma de objetos.. 5, 26, 33, 49, 55, 60,
63

Sintaxe de transferência..... 79

Polimorfismo	56
Projetos que usam DICOM	28
Prontuário	3, 4, 8, 16, 27, 106
Prontuário eletrônico	4
Prontuário eletrônico multimídia.....	28

R

Resolução	15
-----------------	----

S

<i>Sequence</i>	42
<i>Service Object Pair Class</i>	40
Servidor DICOM	31
SGML	26
SIH 2, 3, 5, 9, 12, 13, 14, 16, 28, 38, 81, 99, 100, 101, 107, 109	
Sistema de Informação Hospitalar.....	2
Sistema implementado.....	88
Sistemas administrativos.....	5

T

TCP-IP	39
Tecnologia de objetos distribuídos	69
Telemedicina.....	39
Teleradiologia	39
Tthreshold	50
Triplet Encode.....	41

U

UML	65
<i>Unified Modeling Language</i>	66

V

Vantagens OO.....	73
Visão dinâmica	64
Visão estática	61
Visão funcional.....	65
Visualização.....	20

Anexo A

Atributos das Classes

A.1 Notação utilizada

Neste anexo estão listados os atributos de cada classe do modelo proposto conforme descrito na seção 4.2.. Os termos foram mantidos em inglês e foi mantida a *tag*, ou seja, a identificação de cada atributo na especificação padrão. A definição dos atributos segue o seguinte padrão: nome do atributo, dois pontos, tipo do atributo, sinal de igual, *tag*. Caso seja algum atributo com valores pré-definidos, os valores ou a indicação dos mesmos aparecem entre chaves, como apresentado na Figura A.1.

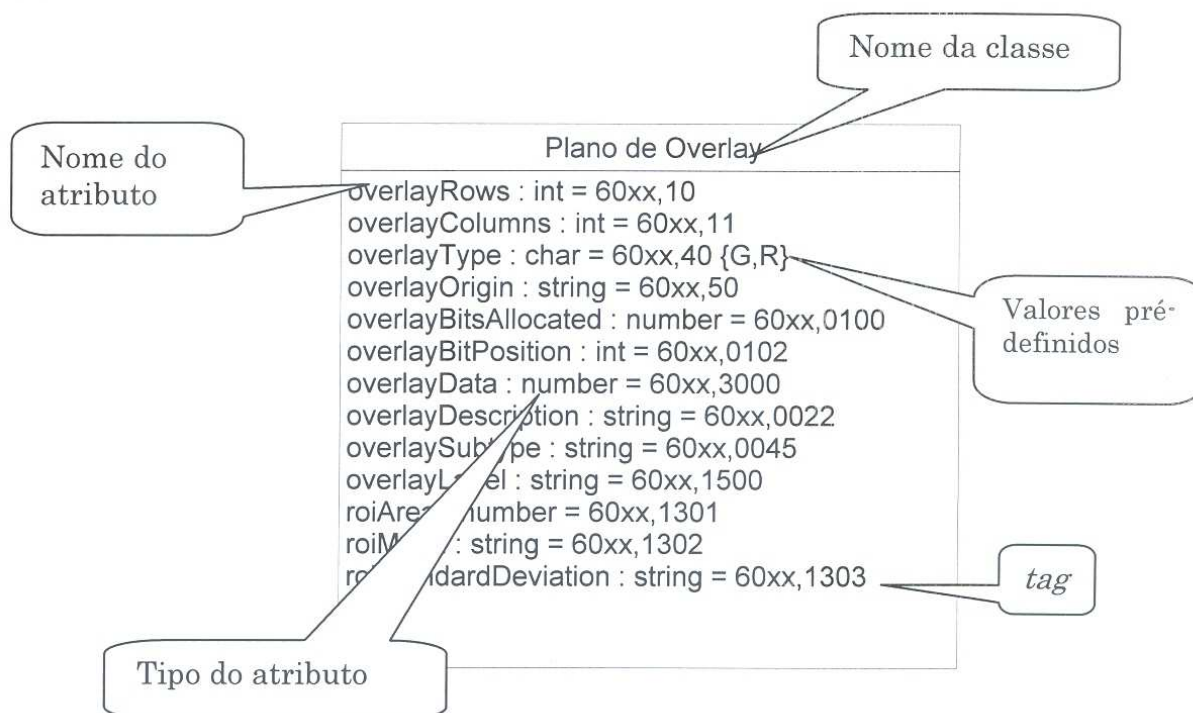


Figura A.1– Exemplo de notação usada para representar as classes com os atributos.

A.2 Atributos das classes

A seguir apresenta-se a listagem das classes em ordem alfabética. Os atributos estão definidos na especificação padrão na parte 3, anexo A, B e C. As classes estão em ordem alfabética pelo nome da classe para facilitar a localização.

As classes Sequência e Triplet Code estão definidas no início, pois são utilizadas em mais de um módulo.

Entidade
codeValue : string = 08,0100
codingSchemeDesignator : string = 08,0102
codeMeaning : string = 08,0104

Sequência
referencedSopInstanceId : string = 08,1155
referencedSopClassUid : string = 08,1150

A.2.1 Paciente

Paciente
nome : string = 10,10
iD : string = 10,20
dataNascimento : date = 10,30
sexo : char = 10,40 {M, F, O}
horaNascimento : time = 10,32
outroId : string = 10,1000
outroNome : string = 10,1001
grupoEtnico : string = 10,2160
comentários : string = 10,4000
patientMotherBirthName : string = 10,1060
medicalRecordLocator : string = 10,1090
patientDataConfidentialityDescription : string = 40,3001
patientAddress : string = 10,1040
militaryRank : string = 10,1080
branchOfService : string = 1081
countryOfResidence : string = 10,2150
regionOfResidence : string = 10,2152
patientPhoneNumber : string = 10, 2154
patientReligiousPreference : string = 10,21F0
referencedPatientSequence : string = 08,1120

A.2.2 Estudo

Estudo
studyInstanceId : string = 20,0D studyId : string = 20,10 studyDate : date = 08,20 studyTime : time = 08,30 studyStatusId : char = 32,0A {CREATED,SCHEDULED...} studyPriorityId : char = 32,0C {LOW,MED,HIGH} studyComments : string = 32,4000 nomeMedico : string = 08,90 studyIdIssuer : string = 32,12 numeroAtendimento : string = 08,50 studyDescription : string = 08,1030 medicoRegistro : string = 08,1048 medicoLeitura : string = 08,1060 admittingDiagnosesDescription : string = 08,1080 patientAge : int = 10,1010 {0 - 140} patientSize : int = 10,1020 {0 - 2,90} patientWeight : int = 10,1030 {0 - 250} occupation : string = 10,2180 additionalPatientHistory : string = 10,21B0 medicalAlerts : string = 10, 2000 contrastAllergies : string = 10,2110 smokingStatus : char = 10,21A0 { YES,NO,UNKNOWN} pregnancyStatus : char = 10,21C0 {0001,0002,0003,0004} lastMenstrualDate : date = 10,21D0 specialNeeds : string = 38,50 patientState : string = 38,0500 otherStudyNumbers : string = 20,1070 scheduledStudyStartDate : date = 32,1000 scheduledStudyStartTime : time = 32,1001 scheduledStudyStopDate : date = 32,1010 scheduledStudyStopTime : time = 32,1011 scheduledStudyLocation : string = 20,1020 scheduledStudyLocationAETitle : string = 20,1021 performingPhysicianName : string = 08,1050 reasonForStudy : string = 20,1030 requestingPhysician : string = 20,1032 requestingService : string = 20,1033 requestedContrastAgent : string = 20,1070 studyCompletionDate : date = 32,1050 studyCompletionTime : time = 32,1051 studyVerifiedDate : date = 32,32 studyVerifiedTime : time = 32,33 modalitiesInStudy : string = 08,60 seriesInStudy : number = 20,1000 acquisitionsInStudy : number = 20,1004 studyArrivalDate : date = 32,1040 studyArrivalTime : time = 32,1041 namePhysicianReadingStudy : string = 08,1060 studyReadDate : date = 32,34 studyReadTime : time = 32,35 referencedStudySequence : string = 08,1110 referencedResultsSequence : string = 08,1100

A.2.3 Procedimento

Ações Agendadas
scheduledActionItemCodeSequence : string = 40,08

Ações Realizadas
performedActionItemSequence : string = 40,0260
performedSeriesSequence : string = 40,0340

Ações

Contraste/Bolus
contrastBolusAgent : string = 18,10
contrastBolusRoute : string = 18,1040
contrastBolusVolume : int = 18,1041
contrastBolusStartTime : time = 18,1042
contrastBolusStopTime : date = 18,1043
contrastBolusTotalDose : int = 18,1044
contrastFlowRate : int = 18,1046
contrastFlowDuration : int = 18,1047
contrastBolusIngredient : char = 18,1048 {IODINE, BARIUM ...}
concentration : int = 18,1049
contrastBolusAgentSequence : string = 18,12

Filmes Usados
filmConsumptionSequence : string = 40,0321
numberOfFilms : number = 2100,0170
mediumType : char = 2000,30 {PAPER,CLEAR FILM,BLUE FILM}
filmSizeId : char = 2010,50 {C.13-3}

Itens Suprimentos
quantity : number = 40,0294
measuringUnitsSequence : string = 40,0295

Plano Procedimento

Procedimento Agendado
scheduledProcedureStepSequence : string = 40,0100
requestedProcedureCodeSequence : string = 20,1064
scheduledStationAeTitle : string = 40,01
scheduledStationName : string = 40,10
scheduledProcedureStepLocation : string = 40,11
scheduledProcedureStepStartDate : date = 40,02
scheduledProcedureStepStartTime : time = 40,03
scheduledProcedureStepEndDate : date = 40,04
scheduledProcedureStepEndTime : time = 40,05
scheduledPerformingPhysicianName : string = 40,06
scheduledProcedureStepDescription : string = 40,07
scheduledProcedureStepId : string = 40,09
scheduledProcedureStepStatus : char = 40,20 { SCHEDULED,ARRIVED}
commentsScheduledProcedureStep : string = 40,0400
Modality : string = 08,60 {C.7.3.1.1.1}
requestedContrastAgent : string = 32,1070
preMedication : string = 40,12

Procedimento Estudo
requestedProcedureDescription : string = 32,1060 modality : string = 08,60 procedureCodeSequence : string = 08,1032 performingPhysicianName : string = 08,1050 studyComponentStatusId : char = 32,1055 {CREATED,VERIFIED...} procedurePriority : string = 40,1003 patientTransportSrrangements : char = 40,1004 {STAT, HIGH...} requestedProcedureLocationtion : string = 40,1005 placerOrderNumberProcedure : number = 40,1006 fillerOrderNumberProcedure : number = 40,1007 confidentialityCode : string = 40,1008 reportingPriority : string = 40,1009 namesIntendedRecipientsResults : string = 40,1010

Procedimento Realizado
accessionNumber : string = 08,50 placeOrderNumberImagingServiceRequest : string = 2006 fillerOrderNumberImagingServiceRequest : string = 2007 performedStationAeTitle : string = 40,0241 performedStationName : string = 40,0242 performedProcedureLocation : string = 40,0243 performedProcedureStepStartDate : date = 40,0244 performedProcedureStepStartTime : time = 40,0245 performedProcedureStepId : string = 40,0253 performedProcedureStepEndDate : date = 40,0250 performedProcedureStepEndTime : time = 40,0251 performedProcedureStepStatus : char = 40,20 { PROGRESS,COMPLETED...} performedProcedureStepDescription : string = 40,0254 commentsScheduledProcedureStep : string = 40,0280 performedProcedureTypeDescription : string = 40,0255 procedureCodeSequence : string = 08,1032 scheduledStepAttributeSequence : string = 40,0270 billingProcedureStepSequence : string = 40,0320 billingSuppliesDevicesSequence : string = 40,0324

Procedimento Requisitado
requestedProcedureId : string = 40,1001 reasonRequestedProcedure : string = 40,1002 requestedProcedureComments : string = 40,1400 requestedProcedureDescription : string = 20,1060

Rota Contraste
contrastBolusAdministrationRouteSequence : string = 18,14

Sequência Droga Adicional
additionalDrugSequence : string = 18,2A

Serviço de Imagem Requisitado
reasonForImagingServiceRequest : string = 40,2001
imagingServiceRequestComments : string = 40,2400
requestingPhysician : string = 32,1032
referringPhysicianName : string = 08,90

Suprimentos
billingItemSequence : string = 40,0296
quantitySequence : string = 40,0293

Tipo Procedimento
requestedProcedureDescription : string = 32,1060
procedureCodeSequence : string = 08,1032
performingPhysicianName : string = 08,1050
studyComponentStatusId : char = 32,1055 {CREATED,VERIFIED...}
procedurePriority : string = 40,1003
patientTransportSrrangements : char = 40,1004 {STAT, HIGH...}
requestedProcedureLocation : string = 40,1005
placerOrderNumberProcedure : number = 40,1006
fillerOrderNumberProcedure : number = 40,1007
confidentialityCode : string = 40,1008
reportingPriority : string = 40,1009
namesIntendedRecipientsResults : string = 40,1010

A.2.4 Série

Equipamento
manufacturer : string = 08,70
institutionName : string = 08,80
institutionAddress : string = 08,81
stationName : string = 08,1010
departmentName : string = 08,1040
manufacturerModelName : string = 08,1090
deviceSerialNumber : string = 18,1000
softwareVersion : string = 18,20
spatialResolution : string = 18,1050
dateLastCalibration : date = 18,1200
timeLastCallibration : 18,1201
pixelPaddingValue : int = 28,0120

Modalidade
sigla : string = 08,60 {C.7.3.1.1.1,pd3}
descrição : string {C.7.3.1.1.1,pd3}

Referência Frame
frameOfReferenceUid : string = 20,52
positionReferenceIndicator : string = 20,1040

Série
seriesInstanceId : string = 20,0E seriesNumber : int = 20,11 laterality : string = 20,60 {R, L} seriesDate : date = 08,21 seriesTime : time = 08,31 seriesDescription : string = 08,103E performingPhysicianName : string = 08,1050 protocolName : string = 18,1030 operatorName : string = 08,1070 bodyPartExamined : string = 18,15 {C.7-4,pd3} patientPosition : string = 18,5100 {C.7.3.1.1.2} smallestPixelValueInSeries : int = 28,0108 largestPixelValueInSeries : int = 28,0109 performedProcedureStepId : int = 40,0253 performedProcedureStepStartDate : date = 40,0244 performedProcedureStepDescription : string = 40,0254 referencedSeriesSequence : string = 08,1115 retrieveAeTitle : string = 08,54 storageMediaFileSetId : string = 88,0130 storageMediaFileSetUid : string = 88,0140 performingPhysicianName : string = 08,1050 operatorName : string = 08,1070 protocolName : string = 18,1030 retrieveAeTitle : string = 08,54 storageMediaFileSetUid : string = 88,0140 storageMediaFileSetId : string = 88,0130

Série CR
viewPosition : string = 18,5101 {PA,AP,LL ...} filterType : string = 18,1160 collimatorGridName : string = 18,1180

A.2.5 Imagem

Curva
curveDimensions : int = 50xx,05 numberOfPoints : int = 50xx,10 typeOfData : int = 50xx,20 {C.10.2.1.1} dataValueRepresentation : string = 50xx,0103 {C.10.2.2} curveData : int = 50xx,3000 curveDescription : int = 50xx,22 axisUnits : int = 50xx,30 {C.10.2.1.3} axisLabels : string = 50xx,40 minimumCoordinateValue : int = 50xx,0104 maximumCoordinateValue : int = 50xx,0105 curveRange : int = 50xx,0106 curveDataDescriptor : string = 50xx,0110 curveLabel : string = 50xx,2500 coordinateStartValue : int = 50xx,0112 coordinateStepValue : int = 50xx,0114

Imagem
imageNumber : int = 20,13 referencedImageSequence : string = 08,1140 patientOrientation : string = {C.7.6.1.1.1} imageDate : date = 08,23 imageTime : time = 08,33 imagetype : string = 08,08 {C.6.1.1.2} acquisitionNumber : int = 20,12 acquisitionDate : date = 08,22 acquisitionTime : time = 08,32 derivationDescription : string = 08,2111 imagesInAcquisition : int = 20,1002 imageComments : string = 20,4000 lossyImageCompression : char = 28,2110 {00,01} referencedImageSequence : string = 08,1140 sourceImageSequence : string = 08,2112 samplesPerPixel : int = 28,02 photometricInterpretation : char = 28,04 {C.7.6.3.1.2} rows : int = 28,10 columns : int = 28,12 bitsAllocated : int = 28,0100 bitsStored : int = 28,0101 highBit : int = 28,0102 pixelRepresentation : char = 28,0103 {0000H, 0001H} planarConfiguration : char = 28,06 {000,001} pixelAspectRatio : char = 28,34 smallestImagePixelValue : int = 28,0106 largestImagePixelValue : int = 28,0107 redPaletteColorLookupTableDescriptor : int = 28,1101 greenPaletteColorLookupTableDescriptor : int = 28,1102 bluePaletteColorLookupTableDescriptor : int = 28,1103 redPaletteColorLookupTableData : int = 28,1201 greenPaletteColorLookupTableData : int = 28,1202 bluePaletteColorLookupTableData : int = 28,1203

Imagem CR
kvp : int = 18,60 plateld : string = 18,1004 distanceSourceDetector : int = 18,1110 distanceSourcePatient : int = 18,1111 exposureTime : time = 18,1150 xRayTubeCurrent : int = 18,1151 exposure : int = 18,1152 exposureInmAs : int = 18,1153 imagerPixelSpacing : int = 18,1164 generatorPower : int = 18,1170 acquisitionDeviceProcessingDescription : string = 18,1400 acquisitionDeviceProcessingCode : string = 18,1401 cassetteOrientation : string = 18,1402 {LANDSCAPE, PORTRAIT} cassetteSize : string = 18,1403 {18CMX24CM, ...} exposureOnPlate : int = 18,1404 relativeXrayExposure : int = 18,1405 sensitivity : string = 18,6000

Imagem MR
imageType : string = 08,08 samplesPerPixel : number = 28,02 photometricInterpretation : number = 28,04 bitsAllocated : number = 28,0100 scanningSequence : char = 18,20 {SE,IR,GR,EP,RM} sequenceVariant : char = 18,21 {SK,MTC,SS,TRSS,SP,MP,OSP,NONE} scanOptions : char = 18,22 {PER,RG,CG,PPG,FC,PFF,PFP,SP...} repetitionTime : int = 18,80 echoTime : int = 18,81 inversionTime : int = 18,82 triggerTime : int = 18,1060 sequenceName : string = 18,24 angioFlag : char = 18,25 {Y,N} numberOfAveragwes : number = 18,83 imagingFrequency : number = 18,84 imagedNucleus : string = 18,85 echoNumber : number = 18,86 magneticFieldStrength : string = 18,87 spacingBetweenSlices : number = 18,88 numberOfPhaseEncodingSteps : number = 18,89 percentSampling : number = 18,93 percentPhaseFieldOfView : number = 18,94 pixelBandwidth : number = 18,95 nominalInterval : number = 18,1062 beatRejectionFlag : char = 18,1080 {Y,N} lowRRValue : number = 18,1081 highRRValue : number = 18,1082 intervalsAcquired : number = 18,1083 intervalsReject : number = 18,1084 pvcRejection : number = 18,1085 skipBeats : number = 18,1086 heartRate : number = 18,1088 cardiacNumberOfImages : number = 18,1090 triggerWindow : number = 18,1094 reconstructorDiameter : number = 18,1100 receivingCoil : number = 18,1250 transmittingCoil : number = 18,1251 acquisitionMatrix : number = 18,1310 phaseEncodingDirection : number = 18,1312 flipAngle : number = 18,1314 sar : number = 18,1316 variableFlipAngleFlag : char = 18,1315 {Y,N} temporalPositionIdentifier : number = 20,0100 numberOfTemporalPositions : number = 20,0105 temporalResolution : number = 20,0110

VOI LUT
windowCenter : int = 28,1050 windowWidth : int = 28,1051 windowCenterWidthExplanation : int 1055

Número LUT
lutNumber : number = 20,26

Plano Imagem
pixelSpacing : number = 28,30 imageOrientation : string = 20,37 imagePosition : string = 20,32 sliceThickness : number = 18,50 sliceLocation : number = 20,1041

Modalidade LUT
rescaleIntercept : int = 28,1052 rescaleSlope : int = 28,1053 rescaleType : int = 28,1054

Imagem CT
imageType : string = 08,08 samplesPerPixel : number = 28,02 photometricInterpretation : number = 28,04 bitsAllocated : number = 28,0100 bitsStored : number = 28,0101 highBit : number = 28,0102 rescaleIntercept : number = 28,1052 kvp : number = 18,60 acquisitionNumber : number = 20,12 scanOptions : number = 18,22 dataCollectionDiameter : number = 18,90 reconstructionDiameter : number = 18,1100 distanceSourceToDetector : number = 18,1110 distanceSourceToPatient : number = 18,1111 gantryDetectorTilt : number = 18,1120 tableHeight : number = 18,1130 rotationDirection : number = 18,1140 exposureTime : number = 18,1150 xrayTubeCurrent : number = 18,1151 exposure : number = 18,1152 filterType : number = 18,1160 generatorPower : number = 18,1170 focalSpot : number = 18,1190 convolutionKernel : number = 18,1210

Overlay
overlayNumber : string = 20,22 overlayDate : date = 08,24 overlayTime : time = 08,34 referencedOverlaySequence : string = 50xx,2600 overlayRows : int = 60xx,10 overlayColumns : int = 60xx,11 overlayType : char = 60xx,40 {G,R} overlayOrigin : string = 60xx,50 overlayBitsAllocated : number = 60xx,0100 overlayBitPosition : int = 60xx,0102 overlayData : number = 60xx,3000 overlayDescription : string = 60xx,0022 overlaySubtype : string = 60xx,0045 overlayLabel : string = 60xx,1500 roiArea : number = 60xx,1301 roiMean : string = 60xx,1302 roiStandardDeviation : string = 60xx,1303

Sequência Overlay
referencedOverlayGroup : string = 50xx,2610

Formato Representação
lutDescriptor : string = 28,3002
lutExplanation : string = 28,3003
lutData : string = 28,3006
modalityLutType : char = 28,3004 {OD,US}

A.2.6 Resultado

Anexo
interpretationTypeld : char = 4008,0210 {AMENDMENT}

Aprovação
interpretationApproverSequence : string = 4008,0111
interpretationApprovalDate : date = 4008,0112
interpretationApprovalTime : time = 4008,0113
physiciansApprovingInterpretation : string = 4008,0114

Diagnóstico
interpretationDiagnosisCodesSequence : string = 4008,0117

Interpretacao
interpretationId : string = 4008,0200
referencedInterpretationSequence : string = 4008,50
interpretationIdIssuer : string = 4008,0202
interpretationStatusId : char = 4008,0212 {CREATED,RECORDED, ...}
interpretationRecordedDate : date = 4008,0100
interpretationRecordedTime : time = 4008,0101
interpretationRecorder : date = 4008,0102
referenceToRecordedSound : string = 4008,0103
interpretationTranscriptionDate : date = 4008,0108
interpretationTranscriptionTime : time = 4008,0109
interpretationTranscriber : string = 4008,010A
interpretationText : string = 4008,010B
interpretationAuthor : string = 4008,010C

Laudo
interpretationTypeld : char = 4008,0210 {REPORT}

Lista Distribuição
resultsDistributionListSequence : string = 4008,0118
distributionName : string = 4008,0119
distributionAddress : string = 4008,011A

Resultado
resultsId : string = 4008,40 resultsIdIssuer : string = 4008,42 impressions : string = 4008,0300 resultsComments : string = 4008,4000 referencedResultsSequence : string = 08,1100

Anexo B

Modelo de Informação DICOM

O Modelo de Informação DICOM é apresentado na Figura B.1, apresentada na parte 3 do padrão DICOM (página 16). Foi incluída a entidade *Serie*, conforme especificado na figura A. 1-1, página 24, da mesma especificação. As entidades em destaque descrevem *Composite Image IOD*. A figura identifica os diversos objetos compostos. Os objetos em destaque, correspondem ao objeto imagem.

Cada retângulo representa um objeto ou uma entidade do mundo real representada no modelo DICOM e os losangos representam os relacionamentos entre os mesmos. Estes relacionamentos podem ter cardinalidade diferentes, sendo representada por 0, 1 ou n, ou seja, “n” denota uma ou mais ocorrências ou instâncias de um objeto do mundo real.

B.1 Modelo de Informação DICOM original

Em 1993 a especificação publicada do modelo DICOM, indicava algumas modalidades e funções de gerenciamento para tais imagens para uma parte significativa da área de imagens médicas. Desde então, outras especialidades têm contribuído para estender o padrão e criar novas características para os objetos DICOM, harmonizando o modelo de acordo com outras organizações de padronização (CEN TC 251, HL7, etc.). Este processo trouxe ampliações para o padrão DICOM incluindo as tarefas e os procedimentos realizados de acordo com a modalidade.

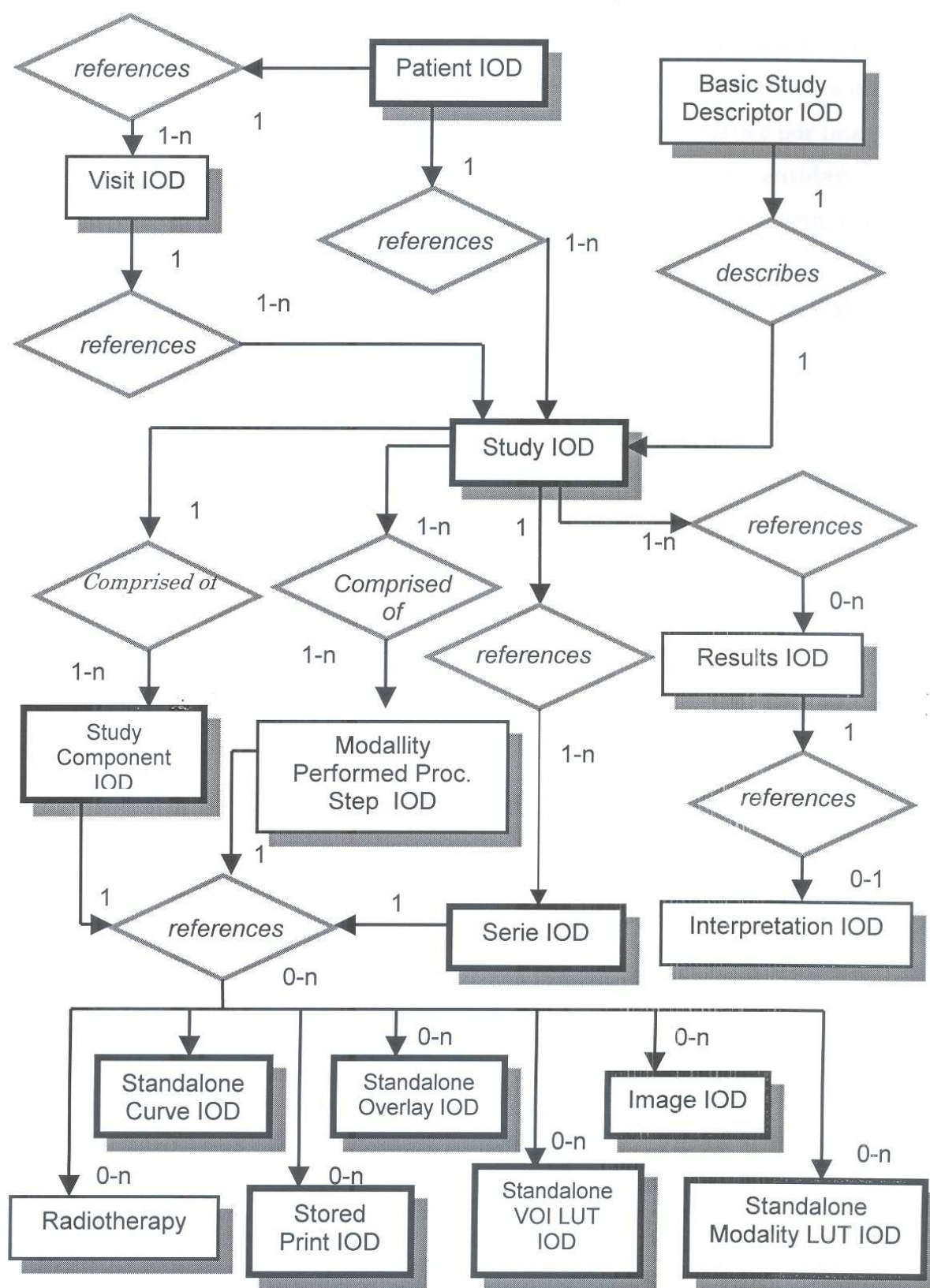


Figura B.1 - Modelo de Informação DICOM original

O Modelo de Informação DICOM foi baseado em características do mundo real e foram incrementadas mais funcionalidades para cobrir o gerenciamento dos procedimentos realizados nas diferentes modalidades de diagnóstico por imagem. O modelo foi expandido, sendo adicionados novos objetos ou entidades para requisitar, agendar, e descrever a execução de procedimentos de imagem, conforme apresentado Figura B.1, mais adiante.

A seguir, apresenta-se uma definição dos termos usados na Figura B.1, definidos como entidades do Modelo de Informação DICOM:

⇒ Paciente (*Patient IOD*)

- Define características de um paciente, que é o sujeito para quem os serviços de diagnóstico por imagem são prestados. O *Patient SOP Instance* usa o *Patient IOD* como base para descrever o paciente do mundo real. Cada ocorrência de paciente referencia o relacionamento de ocorrências de Estudo (*Study*) e Visita (*Visit*) como mostrado no diagrama da Figura B.1.

⇒ Visita (*Visit IOD*)

- Descreve o atendimento de um paciente em uma instituição de saúde. Por ser uma definição genérica, pode ser um paciente hospitalizado ou externo, como um atendimento em uma clínica de diagnóstico por imagem. Envolve dados como data e hora do atendimento, hipótese de diagnóstico e médico solicitante. Serve como referência para o estudo e geralmente está associado a um número identificador gerado pelo SIH, quando se trata de ambiente hospitalar.

⇒ Estudo e componente de estudo (*Study IOD / Study Component IOD*)

- Um estudo descreve as características de um diagnóstico médico utilizando imagens de exames feitos por um paciente. Descreve o caso clínico, incluindo informações como o motivo da realização dos exames, os procedimentos radiológicos realizados com data e hora em que foram feitos, além de imagens, *overlays* e/ou curvas, relacionadas. Um estudo pode incluir procedimentos com solicitações de exames de uma única modalidade, múltiplas modalidades ou de múltiplos equipamentos da mesma modalidade. Cada procedimento solicitado é um componente do estudo. Portanto, o mesmo componente de estudo pode ter mais de uma série de imagens como resultado. Cada estudo pertence à somente um paciente e é

descrito por um identificador único durante todo o processo de atendimento do paciente. Este identificador único é definido pela entidade *Basic Study Descriptor IOD*.

⇒ Identificador de estudo (*Basic Study Descriptor IOD*)

- Número que identifica o estudo, geralmente criado pelo SIH ou outro sistema, que serve como referência para diagnóstico, retorno ao médico solicitante e demais consultas posteriores.

⇒ Série (*Serie IOD*)

- Define os atributos que são usados para agrupar imagens, *overlays* e/ou curvas em conjuntos lógicos distintos relacionados ao caso clínico de um paciente. Cada série é associada a exatamente um estudo. Imagens que pertencem à mesma série, obedecem aos seguintes critérios:
 - a) todas as imagens da série devem ser da mesma modalidade;
 - b) se um IOD referencia uma instância de referência de *frame*, todas as imagens da série devem estar relacionadas em um contexto espacial; portanto cada série é associada com exatamente uma referência de *frame*;
 - c) se um IOD referencia uma ocorrência de um equipamento, todas as imagens da série devem estar relacionadas ao mesmo equipamento; portanto cada série é associada com exatamente um equipamento;
 - d) todas as imagens dentro da série devem ter a mesma referência da série.
- Um equipamento é um dispositivo específico que produz uma série de imagens. Cada série possui a identificação do equipamento que produziu. Um dispositivo pode produzir uma ou mais séries para um estudo. O equipamento não descreve dados de aquisição ou atributos de criação usados para gerar as imagens na série. Tais atributos são descritos na entidade imagem.
- Uma série também pode ter uma Referência de *frame*, a qual identifica o sistema de coordenadas que informa dados de espaço e tempo das imagens na série. Uma referência de *frame* pode estar relacionada a uma ou mais séries. Neste caso, fornece o relacionamento espacial e temporal entre múltiplas séries.

⇒ Curva (*Standalone Curve IOD*)

- Usada para representar gráficos que podem ser especificados como uma série de pontos conectados. Pode ou não sobrepor a imagem coincidente. Uma curva independente, assim como um revestimento, poderia existir como uma imagem sem dados de pixel.. Curvas podem ser usadas para especificar gráficos multi-dimensionais, regiões de interesse e anotações. Não são compactados em qualquer transferência no padrão DICOM. Cada curva é descrita como uma série de pontos conectados. Uma ou mais curvas podem ser descritas para cada série.

⇒ Imagem (*Image IOD*)

- Descreve as características de uma imagem. Pode ser gerado a partir de uma aquisição direta do paciente (imagem original) ou pode ser derivada de uma ou mais imagens (imagens derivadas). Uma imagem é definida pelo número de planos, pelas características de pixel, escala de cinza ou características de mapeamento de cores, planos de revestimento (*overlay*) e características específicas da modalidade (parâmetros de aquisição e informações de criação da imagem). Uma imagem é relacionada a uma única série e a um único estudo. Os dados de pixel podem ser representados como quadros (*frame*) únicos ou múltiplos (imagem *multiframe*). Os quadros de uma imagem multi-frame são sequencialmente numerados e apresentam propriedades em comum. Poucos atributos podem variar entre os quadros. Todos os atributos de uma mesma imagem referem-se ao primeiro quadro.

⇒ Modalidade LUT (*Standalone Modality LUT IOD*)

- LUT é uma tabela (LUT - *Look up table*) que contém os parâmetros utilizados na formação da imagem (tons de cinza e escala de cores). Modalidade LUT define os atributos que descrevem a transformação dos valores de pixel de determinado fabricante para valores de pixel independentes do fabricante (por exemplo, unidades *Hounsfield* para CT, densidade óptica para digitalizadores de filme, etc.). Esta tabela de equivalência garante a similaridade na representação de cores e tons de cinza e pode estar na própria imagem ou como um objeto separado que referencia a imagem.

⇒ VOI LUT (*Standalone VOI LUT IOD*)

- Define os atributos que descrevem a transformação dos valores de pixel da modalidade em valores de pixel que sejam significativos para impressão,

visualização, etc. Esta transformação é aplicada depois de qualquer modalidade LUT. Pode estar na própria imagem ou como um objeto separado que referencia a imagem. A transformação pode ser linear ou não, sendo indicado por atributos diferentes em cada caso. Se for linear, a transformação é descrita pelos atributos *window center* e *window width*, correspondentes ao centro e espessura da janela definida na imagem. Se a transformação é não-linear, é descrito pelo atributo *VOI LUT Sequence*.

⇒ Overlay (*Standalone Overlay IOD*)

- Define os atributos que descrevem um conjunto independente de planos de revestimento (*Overlay Planes*). Pode ser representado no formato *bit-map*, gráfico ou texto e usado para indicar itens como região de interesse, marcas de referências e anotações. Estes revestimentos podem ou não coincidir com uma imagem. Se for coincidente com uma imagem, deve ter informações suficientes para permitir a representação através da sobreposição das imagens. Cada *overlay* deveria estar associado à somente uma série. Pode ser representado como imagens únicas ou *multi-frames*.

Alguns exemplos de planos de revestimento independentes são:

- a) linhas que ilustram como o equipamento e o paciente estão dispostos;
- b) linhas representando anatomia, ponteiros e textos;
- c) desenhos mostrando o *layout* de campos de imagem e texto para formato de filme.

⇒ Impressão (*Stored Print IOD*)

- Define os objetos e atributos que descrevem os parâmetros para impressão em um filme único, com as pré-formatações definidas por VOI LUT, como cores ou tons de cinza. Mantém as referências para as imagens, *overlays*, *VOI LUT*, paciente, série e anotações que devem ser impressas.

⇒ Radioterapia (*Radiotherapy*)

- Define os objetos e atributos que descrevem módulos específicos de radioterapia, definidos de acordo com o *IEC Standard 1217*, “*Radiotherapy Equipment – Coordinates, Movements and Scales*”, 1996, e no *ICRU Report 50*, “*Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy, International Commission on Radiation Units and Measurements*”, 1993¹.

⇒ Resultado e interpretação (*Results IOD – Interpretation IOD*)

- Define os atributos que descrevem o resultado do diagnóstico e os dados necessários para a interpretação dos resultados.
- ⇒ Procedimento realizado por modalidade (*Modality Performed Procedure Step*)
- Um procedimento executado é uma definição arbitrária de uma unidade de serviço realizada, não necessariamente agendada. Logicamente, um procedimento agendado corresponde a um procedimento realizado, mas na prática, pode não ocorrer. Dois procedimentos requisitados e agendados por médicos diferentes podem ser satisfeitos por um único procedimento e somente este é realizado. Alternativamente, um único procedimento agendado pode ser atendido por mais de um procedimento realizado por necessitar de equipamentos diferentes, devido às necessidades clínicas ou condições de falha, extensão do período de tempo.
 - O procedimento realizado por modalidade descreve o tipo de procedimento realizado resultante da aquisição de imagens de um paciente de uma modalidade específica. Contém informações que descrevem o processo de imagem, incluindo dados sobre o próprio procedimento, a dose de radiação a que o paciente foi exposto, e dados para o gerenciamento do faturamento e do material gasto. Contém uma ou mais séries de imagens ou outros objetos compostos que podem ser criados como parte de um procedimento. Uma série em particular é parte de somente um procedimento realizado por modalidade.

B.2 Modelo de Informação DICOM estendido

O modelo estendido, mostrado na Figura B.2, descrito na página 19 – PS 3.3, apresenta entidades para o gerenciamento dos procedimentos que podem ser realizados durante o processo de diagnóstico por imagem. Este modelo é influenciado pelo Modelo ISIS (*Information System – Imaging System*), desenvolvido em conjunto pelo DICOM Committee, CAP-IEC, CEN/TC251/WG4/PT4-020: *Modality-Information System Interface Project Team* e HL7. A seguir, descreve-se alguns conceitos a respeito dessas entidades apresentadas no modelo:

⇒ Plano de procedimento (*Procedure Plan*)

¹ Ver referências normativas, parte 3 da especificação do padrão DICOM página 1.

- Trata-se de um protocolo ou especificação que define o conjunto ordenado de ações que devem ser feitas para realizar um procedimento agendado que foi requisitado. O conjunto das ações que devem ser realizadas para cada procedimento é definido pelo sistema de informação da instituição de saúde. O padrão DICOM não especifica o conteúdo dos procedimentos. As ações realizadas durante a execução do procedimento podem ser diferentes do que foi prescrito no plano de procedimento. A comparação entre os dois processos é uma importante ferramenta de controle de qualidade, porém não faz parte da especificação padrão do DICOM.

⇒ Atendimento (*Service Episode*)

- Um atendimento é uma coleção de eventos, agregados durante um período de tempo limitado pelo início e fim (consulta de um paciente externo ou uma hospitalização). É o contexto no qual o tratamento ou o gerenciamento de um conjunto de condições médicas ocorre. No contexto de serviços de imagem, um atendimento pode envolver mais de uma instituição de saúde (como clínicas, hospitais, consultórios particulares, clínicas de múltiplas especialidades, atendimento domiciliar, etc.). e deve ser realizado por pessoas responsáveis pelo cuidado com o paciente (organizações ou pessoas individuais, grupo de médicos capacitados, médicos individuais, radiologistas, enfermeiros, etc.). O atendimento descreve vários aspectos administrativos de saúde, enquanto a visita (o objeto *Visit*) está limitada a cada visita do paciente a qualquer instituição de saúde. Um atendimento pode ser associado com um ou mais lugares (como diferentes quartos, departamentos, prédios, ou cidades). Uma ou mais visitas podem ser associadas com o atendimento.

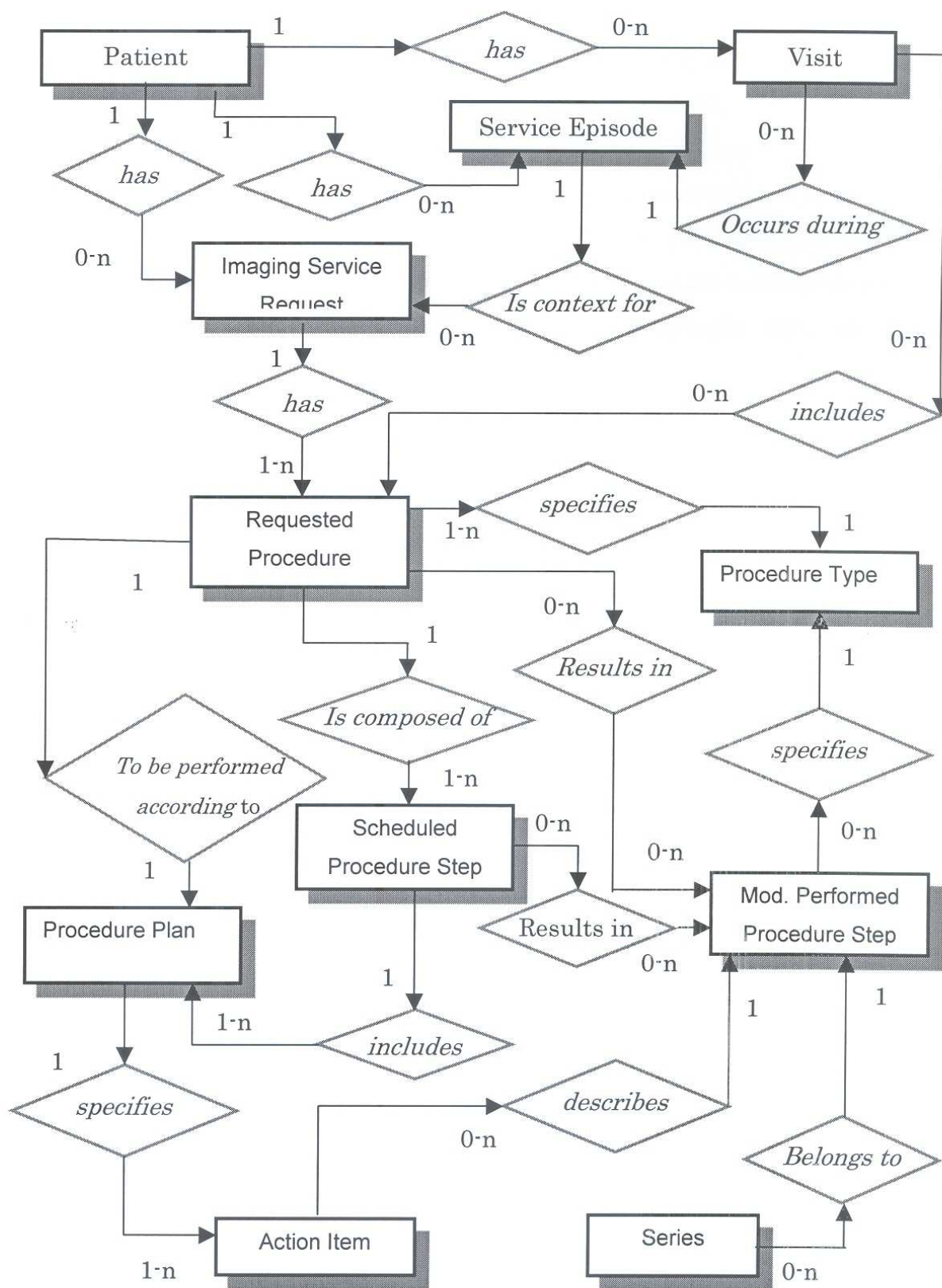


Figura B.2 - Modelo de Informação estendido do padrão DICOM

⇒ Tipo de procedimento (*Type Procedure*)

- Um tipo de procedimento identifica uma classe de procedimentos. No contexto de serviços de imagem, um procedimento é um item em um catálogo de procedimentos de imagem que podem ser requisitados e relatados para determinada área. Geralmente um procedimento tem um nome e um ou mais identificadores e está associado com um plano de procedimento (*Procedure Plan*). O tipo de procedimento relaciona a identificação geral do tipo de procedimento, especialmente sua decomposição em ações requisitadas para realizar uma solicitação para um paciente específico.

⇒ Serviço de imagem requisitado (*Imaging Service Request*)

- Um serviço de imagem é um conjunto de um ou mais procedimentos requisitados (*Requested Procedure*), selecionados de uma lista de tipos de procedimentos (*Procedure Type*). Um serviço de imagem é feito por uma autorização de serviço com informações específicas e genéricas, para um fornecedor de serviço de imagem autorizado. O serviço de imagem requisitado mantém informações comuns entre os procedimentos solicitados no mesmo momento. Um mesmo serviço requisitado pode estar associado a uma ou mais visitas e geralmente resulta em um ou mais relatórios que podem ser distribuídos para um ou mais destinos.

⇒ Procedimento requisitado (*Requested Procedure*)

- Um procedimento requisitado é um exemplo de um tipo de procedimento. Inclui todas as informações especificadas no plano de procedimento (*Procedure Plan*) pelo fornecedor do serviço requisitado. Esta entidade estabelece a ligação entre as requisições do serviço de imagem e os tipos de procedimentos, para cobrir as informações necessárias e estabelecer relacionamentos com outras entidades importantes para descrevê-los. Um único procedimento requisitado de um tipo de procedimento é a menor unidade de serviço que pode ser requisitada, relatada, codificada e contabilizada. A execução de um procedimento requisitado é especificado por um plano de procedimento. Um procedimento requisitado guia um ou mais procedimento agendado (*Scheduled Procedure Step*) envolvendo ações (*Action Item*) como especificado pelo plano de procedimento. Um

procedimento requisitado pode ser associado com uma ou mais visitas e envolver um ou mais equipamentos.

⇒ Procedimento agendado (*Scheduled Procedure Step*)

- Um procedimento agendado é uma unidade de um serviço marcado arbitrariamente definido, que é especificado pelo plano de procedimento para um procedimento requisitado. Prescreve uma ou mais ações (eventos), envolvendo equipamentos (como, por exemplo, equipamento de modalidade de imagem, equipamento de anestesia, equipamento de transporte, equipamento cirúrgico), recursos humanos, suprimentos, localização e horário (como hora de início, hora de término, duração). Os procedimentos agendados podem envolver mais de um equipamento, de modalidade diferente. Neste caso, pode existir zero ou mais ocorrências de procedimentos realizados por modalidade (*Modality Performed Procedure Step*). Um procedimento agendado pode estar relacionado com mais de um procedimento requisitado (por exemplo, a injeção de um contraste intravenoso de iodo pode ser compartilhado por um pielograma² intravenoso e um exame de tomografia). Contudo, para fins de faturamento um procedimento agendado é considerado parte do procedimento requisitado. Tipicamente cada procedimento agendado contém pelo menos uma ação de uma magnitude tal que justifique o registro da mesma no prontuário médico do paciente.

⇒ Ações (*Action Item*)

- Cada ação é um item de um plano de procedimento para realizar um procedimento requisitado. Ações são eventos simples e atômicos. Um procedimento agendado contém pelo menos uma ação. Em um mesmo procedimento requisitado podem existir várias ações do mesmo tipo. Geralmente as ações são identificadas em um catálogo, definido o tipo de ação.

A entidade *Service Episode* é um conceito administrativo que tem sido mostrado no modelo estendido para permitir uma forma de adaptação ao modelo comum suportado por outros grupos de padronização incluindo *HL7*, *CEN TC 251*

² Pielograma – imagem de raio X de bacia.

*WG 3, CAP-IEC*³, etc. A entidade *Visit* aparece no modelo original mas não é mostrado na Figura B.3, porque faz parte do *Service Episode*.

Existe um relacionamento um para um entre a entidade *Requested Procedure* e o *DICOM Study* (ver símbolo A na Figura B.3). Um *DICOM Study* é o resultado de um único *Requested Procedure*. E vice-versa. A Figura B.3 apresenta o relacionamento entre o modelo do padrão DICOM mostrado na Figura B.1 e os incrementos feitos para o gerenciamento dos procedimentos realizados em cada estudo, como mostrado na Figura B.2. A entidade paciente é comum em ambos os modelos: original e estendido.

Um relacionamento muitos para muitos existe entre um *Scheduled Procedure Step* e um *Modality Performed Procedure Step* (ver símbolo B na Figura B.3). O conceito de um *Modality Performed Procedure Step* é um conjunto de *Study Component's*, contidos no modelo original.

³ CAP-IEC – *College of American Pathologists Image Exchange Committee*

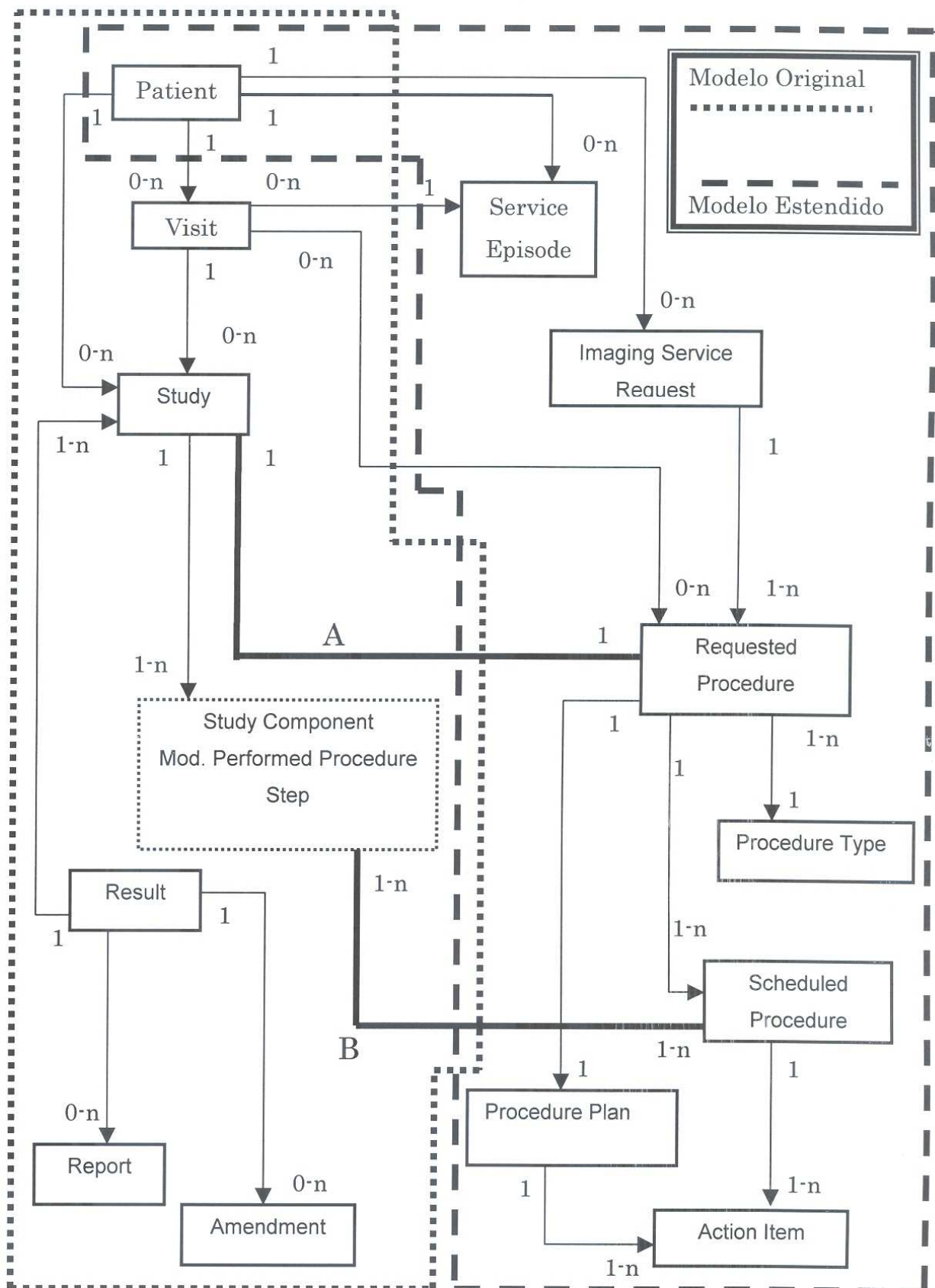


Figura B.3 - Relacionamento entre o Modelo de Informação original do padrão DICOM e o modelo estendido

Anexo C

Algoritmo

/ algoritmo para localização das informações em arquivos DICOM não compactados */*

classe DicomDecoder

```
{
    string lerString(inteiro length) verifica Erro I/O
    {
        byte[] b = novo byte[length];
        leia(b);
        retorna novo string(b);
    }

    inteiro lerInteiro() verifica Erro I/O
    {
        inteiro b1 = leia();
        inteiro b2 = leia();
        se (littleEndian)
            retorna ((b2 << 8) + b1);
        então
            retorna ((b1 << 8) + b2);
    }

    final inteiro lerInteiro2() verifica Erro I/O
    {
        inteiro b1 = leia();
        inteiro b2 = leia();
        inteiro b3 = leia();
        inteiro b4 = leia();
        se (littleEndian)
            retorna ((b4 << 24) + (b3 << 16) + (b2 << 8) + b1);
        então
            retorna ((b1 << 24) + (b2 << 16) + (b3 << 8) + b4);
    }

    inteiro lerTamanho() verifica Erro I/O
    {
        inteiro b1 = leia();
        inteiro b2 = leia();
        inteiro b3 = leia();
        inteiro b4 = leia();
        se (b2<65/*A*/ || (b1==255 && b2==255))
        {
            // VR implícito com 32-bit de comprimento
            VR = implicitVR;
        }
    }
}
```

```

        retorna (b1 + (b2<<8) + (b3<<16) + (b4<<24));
    }
    então
    {
        se ((b1==79 && b2==66) || (b1==79 && b2==87) ||
            (b1==83 && b2==81))
        {
            // VR = 'OB', 'OW' or 'SQ'
            // VR explícito com 32-bit de comprimento
            vr[0]=(byte)b1;
            vr[1]=(byte)b2;
            VR = novo string(vr);
            location += 4; // pula VR e 2 bytes reservados
            retorna lerInteiro2();
        }
        então
        {
            // VR explícito com 16-bit de comprimento
            vr[0]=(byte)b1;
            vr[1]=(byte)b2;
            VR = novo string(vr);
            retorna (b3 + (b4<<8));
        }
    }
}
inteiro lerProximoElemento() verifica Erro I/O
{
    local += tamanhoElemento;
    inteiro grupo = lerInteiro();
    inteiro elemento = lerInteiro();
    inteiro tag = grupo<<16 | elemento;
    tamanhoElemento = lerTamanho();
    se (tamanhoElemento==13)
    então
        tamanhoElemento = 10; // conversão necessária para
        ler                    alguns arquivos GE
    se (tamanhoElemento==-1)
    então
        tamanhoElemento = 0;
    local += 8;
    retorna tag;
}
Arquivo lerInformacoes() verifica Erro I/O
{
    abre arquivo(diretorio + nomeArquivo);
    arquivo pula(ID_OFFSET);
    local += ID_OFFSET;
    se (!lerString(4).equals("DICM"))
    {
        fecha arquivo();
        f = abre arquivo(diretorio + nomeArquivo);
        local = 0;
    }

    enquanto(leitura)
    {
        tag = lerProximoElemento();
        se (tag==0)
            cancela;
    }
}

```

```

se (fim de arquivo)
    cancela;

compara (tag)
{
    caso 0x00020010:
        // Transfer Syntax UID
        string s = lerString(tamanhoElemento);
        se (s.indexOf("1.2.4") >-1 ||
            s.indexOf("1.2.5") >-1 )
            então {
                f.close();
                string msg = "Este programa
                não abre imagens DICOM
                comprimidas.\n \n";
                retorna fi;
            }
        cancela;
    caso 0x00280008:
        s = lerString(tamanhoElemento);
        double frames = s2d(s);
        se (frames>1.0) então
            fi.nImages = (inteiro)frames;
        cancela;
    caso 0x00280010:
        fi.height = lerInteiro();

        cancela;
    caso 0x00280011:
        fi.width = lerInteiro();

        cancela;
    caso 0x00280030:
        getSpatialScale(fi, tamanhoElemento);
        cancela;
    caso 0x00280100:
        bitsAllocated = lerInteiro();
        se (bitsAllocated==8) então
            fi.fileType = FileInfo.GRAY8;
        cancela;
    caso 0x7FE00010:
    caso 0x7F880010:
        se (tamanhoElemento!=0) então
            fi.offset = local+4;
        cancela;
    caso 0xFFFFE000:
        fi.offset = local+4;
        cancela;
    default:
        se(f.available() < 0)
            leitura = false;
        então
            arquivo pula(tamanhoElemento);
    }
}
fecha arquivo();
retorna fi;
}

```


Anexo D

Módulos de Interpretação

Os módulos relacionados com a interpretação (*Interpretation Modules*) do resultado do exame foram reproduzidos do Anexo C da parte 3 da especificação DICOM. Foram mantidos os termos conforme o original. As tabelas que se seguem servem como material de consulta para o exemplo dos conceitos da tecnologia de objetos apresentada no capítulo de fundamentação teórica.

C.6 INTERPRETATION MODULES

Table C.6-1

INTERPRETATION RELATIONSHIP MODULE ATTRIBUTES

Attribute Name	Tag	Attribute Description
Referenced Results Sequence	(0008,1100)	Uniquely identifies the results SOP Instances for which the interpretation SOP Instance applies. Only a single Item shall be permitted in this Sequence.
>Referenced SOP Class UID	(0008,1150)	Uniquely identifies the referenced SOP Class.
>Referenced SOP Instance ID	(0008,1155)	Uniquely identifies the referenced SOP Instance.

Table C.6-2

INTERPRETATION IDENTIFICATION MODULE ATTRIBUTES

Attribute Name	Tag	Attribute Description
Interpretation ID	(4008,0200)	Healthcare provider generated number used to reference the interpretation
Interpretation Issuer	ID (4008,0202)	Name of healthcare provider which issued the interpretation ID

Table C.6-3

INTERPRETATION STATE MODULE ATTRIBUTES

Attribute Name	Tag	Attribute Description
Interpretation Type ID	(4008,0210)	The type of interpretation. Defined Terms: REPORT = Report AMENDMENT = Amendment
Interpretation Status ID	(4008,0212)	An Enumerated Value element used to track production status of the interpretation. Defined Terms: CREATED = Interpretation Created RECORDED = Interpretation captured in a format external to the information system which handles reports. TRANSCRIBED = Interpretation converted into or entered in the internal format of the information system which handles reports. APPROVED = Interpretation Approved

Table C.6-4

INTERPRETATION RECORDING MODULE ATTRIBUTES

Attribute Name	Tag	Attribute Description
Interpretation Recorded Date	(4008,0100)	Date interpretation was dictated or entered
Interpretation Recorded Time	(4008,0101)	Time interpretation was dictated or entered
Interpretation Recorder	(4008,0102)	Name of the person who recorded the interpretation
Reference to Recorded Sound	(4008,0103)	A reference used to identify or locate the sound recording of the interpretation

Table C.6-5

INTERPRETATION TRANSCRIPTION MODULE ATTRIBUTES

Attribute Name	Tag	Attribute Description
Interpretation Transcription Date	(4008,0108)	Date interpretation was transcribed.
Interpretation Transcription Time	(4008,0109)	Time interpretation was transcribed.
Interpretation Transcriber	(4008,010A)	Name of person who transcribed the interpretation.
Interpretation Text	(4008,010B)	Text of the interpretation.
Interpretation Author	(4008,010C)	Name of author of interpretation.

Table C.6-6

INTERPRETATION APPROVAL MODULE ATTRIBUTES

Attribute Name	Tag	Attribute Description
Interpretation Approver Sequence	(4008,0111)	Identifies the approvers of the interpretation. Zero or more Items may be included in this Sequence. Encoded as a

		sequence of items: (4008,0112), (4008,0113), and (4008,0114).
>Interpretation Approval Date	(4008,0112)	Date the report or amendment was approved.
>Interpretation Approval Time	(4008,0113)	Time the report or amendment was approved.
>Physicians Approving Interpretation	(4008,0114)	Physician approving the report or amendment.
Interpretation Diagnosis Description	(4008,0115)	Diagnosis produced by the Physician.
Interpretation Diagnosis Codes Sequence	(4008,0117)	A sequence that conveys the interpretation diagnosis. One or more Items may be included in this Sequence.
>Code Value	(0008,0100)	The code value (defined by the coding scheme) that represents the interpretation diagnosis.
>Coding Scheme Designator	(0008,0102)	The code from table D-1 designating the coding scheme which maps the Code Value (0008,0100) onto the Code Meaning (0008,0104).
>Code Meaning	(0008,0104)	The interpretation diagnosis that is represented by the Code Value (0008,0100).
Results Distribution List Sequence	(4008,0118)	Names and addresses of persons to receive a copy of the report and amendments. Zero or more Items may be included in this Sequence. Encoded as a sequence of items: (4008,0119) and (4008,011A).
>Distribution Name	(4008,0119)	Name of one of the persons to receive a copy of the report and amendments.
>Distribution Address	(4008,011A)	Address of one of the persons to receive a copy of the report and amendments.

Anexo E

Diagrama de Seqüência

O diagrama de seqüência do componente Resultado foi implementado com o uso da ferramenta CASE *Rational* ROSE, através do qual o diagrama foi impresso.

