

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

**Modelo de Metadados para Armazenamento
e Recuperação de Imagens Estáticas
no Formato DICOM**

por

MIRIAM SCHACKER MACHADO

Trabalho de Conclusão submetido à avaliação, como requisito
parcial para a obtenção do grau de Mestre em Informática

Prof. Dr. Jacob Scharcanski
Orientador

Porto Alegre, maio de 2002.

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Machado, Miriam Schacker

Modelo de metadados para armazenamento e recuperação de imagens estáticas no formato DICOM / por Miriam Schacker Machado. – Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2002.

126 p.: il.

Trabalho de conclusão (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR-RS, 2002. Orientador: Scharcanski, Jacob.

1. Armazenamento de imagens médicas. 2. Banco de imagens. 3. Imagens médicas. 4. Modelo conceitual. 5. Padrão DICOM. 6. Recuperação de imagens médicas por conteúdo. I. Scharcanski, Jacob. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitora: Profa. Wrana Panizzi

Pró-Reitor de Ensino: Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Pró-Reitor Adjunto de Pós-Graduação: Prof. Jaime Evaldo Fensterseifer

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Philippe Olivier Alexandre Navaux

Coordenador do PPGC: Prof. Carlos Alberto Heuser

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

A Deus, por tudo...
À minha família,
em especial a meus filhos
Fernanda e Tiago.

Agradecimentos

A Deus, por ter me concedido essa oportunidade, me dando a saúde e a determinação necessária ao desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Dr. Jacob Scharcanski, por ter aceitado o desafio de me orientar e por ter compartilhado comigo o seu conhecimento. Também por sua amizade durante esta trajetória, por seu apoio, por sua compreensão e confiança no meu trabalho.

Aos meus filhos, por terem suportado a minha ausência em muitos momentos durante a realização deste mestrado.

Ao meu esposo Jairo, pelo seu apoio, carinho, respeito, companheirismo e por sua tolerância nos momentos de mau-humor.

À minha irmã Maria Anita, pelo grande carinho e ajuda em cuidar dos meus filhos nos fins de semanas durante a conclusão deste trabalho.

À engenheira Carmem Ferrari, chefe do Departamento de Informática do HSL, ao engenheiro Denis Xavier Barbieri, chefe do Departamento de Engenharia Biomédica do HSL, e ao médico Dr. João Rubião Hoefel Filho, chefe do Centro de Diagnóstico por Imagem do HSL, que me oportunizaram a realização de um estudo de caso no Centro de Diagnóstico por Imagem do Hospital São Lucas da PUC. Através deste estudo de caso foi possível o desenvolvimento desta dissertação

Aos profissionais Mauro Luis Neves, Maurício Anes e Dr. Maurício Marques do HSL, por colaborarem com suas experiências e com seus conhecimentos técnicos em imagens médicas no formato DICOM.

Finalmente, aos professores, colegas e funcionários do PPGC, que de uma forma ou de outra ajudaram na realização deste trabalho.

Sumário

Lista de Abreviaturas.....	9
Lista de Figuras.....	12
Lista de Tabelas.....	16
Resumo.....	17
Abstract.....	18
1 Introdução.....	19
1.1 Objetivos Específicos.....	20
1.2 Organização da Dissertação.....	21
2 Imagens Estáticas Digitais no Domínio da Medicina.....	22
2.1 Conceitos Básicos.....	22
2.1.1 Formato.....	22
2.1.2 Esquema de Compressão.....	23
2.1.3 Resolução.....	23
2.1.4 Histograma.....	23
2.2 Aplicações de Imagens Estáticas em Medicina.....	23
2.2.1 Raios X.....	24
2.2.2 Tomografia Computadorizada.....	26
2.2.3 Ressonância Magnética.....	28
2.3 Formatos de Arquivos para a Representação de Imagens Estáticas.....	30
2.3.1 Formatos para a Representação de Imagens Estáticas de Uso Genérico.....	30
2.3.1.1 JPEG (<i>Joint Photographic Experts Group</i>).....	30
2.3.1.2 GIF (<i>Graphics Interchange Format</i>).....	30
2.3.1.3 BMP (<i>Microsoft Windows Bitmap</i>).....	30
2.3.1.4 TIFF (<i>Tag Image File Format</i>).....	30

2.3.1.5 PNG (<i>Portable Network Graphics</i>).....	30
2.3.1.6 SPIFF (<i>Still Picture Interchange File Format</i>).....	31
2.3.2 Formatos para a Representação de Imagens Médicas Estáticas.....	31
2.3.2.1 POPYRUS.....	33
2.3.2.2 DICOM (<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i>).....	35
2.3.3 Comparação dos Formatos de Arquivos de Imagens Estáticas.....	40
2.4 Algumas Ferramentas para o Processamento e a Visualização de Imagens no Formato DICOM.....	41
2.4.1 Aplicação do Processamento e Visualização de Imagens Médicas.....	41
2.4.2 Osiris	42
2.4.3 Efilm	46
2.4.4 Hipax.....	49
2.4.5 FP Image.....	50
2.5 Considerações Finais.....	54
3 Descrevendo Imagens Através de Metadados.....	55
3.1 Sistemas Comerciais que Utilizam Descritores do Conteúdo das Imagens.....	56
3.1.1 Solução Oracle.....	56
3.1.2 Solução IBM.....	58
3.2 Projeto DISIMA: Modelando Imagens para a Recuperação Baseada em Conteúdo.....	60
3.3 Metadados para Documentação e Recuperação de Imagens....	62
3.4 Modelo de Dados do Ambiente da Radiologia Utilizado pelo Padrão DICOM.....	65
3.5 Considerações Finais.....	69
4 Um Modelo Conceitual para Representar Imagens Médicas no Formato DICOM.....	71
4.1 Características Gerais do Modelo Proposto.....	71
4.1.1 Modulo 1 – Informações Associadas ao Exame.....	72
4.1.2 Modulo 2 – Informações Associadas à Interpretação das Imagens.....	72
4.1.3 Modulo 3 – Informações Anotadas e/ou Contidas nas Imagens Físicas..	72

4.2 Especificação do Modelo.....	73
4.3 Carregando os Dados da Imagem DICOM para o Banco de Dados.....	73
4.3.1 Carga das Informações Associadas ao Exame.....	73
4.3.2 Carga das Informações Associadas à Interpretação das Imagens.....	74
4.3.3 Carga das Informações Anotadas nas Imagens.....	74
4.3.3.1 Carga das Informações Anotadas na Imagem com Base nas Informações Especificadas pelo Fornecedor.....	75
4.3.3.2 Carga das Informações Anotadas na Imagem Através de <i>Softwares</i> de Processamento de Imagens DICOM.....	77
4.3.3.3 Carga das Informações Anotadas na Imagem Através de <i>Softwares</i> de OCR.....	77
4.3.4 Gerenciamento da Localização Física das Imagens no Modelo Proposto.....	79
4.3.4.1 Armazenamento e Distribuição das Imagens nos Ambientes <i>On-line</i> , <i>Near-line</i> e <i>Off-line</i>	79
4.3.4.2 Recuperação das Imagens.....	83
4.4 Considerações Finais.....	84
5 Um Sistema Protótipo Usando o Modelo de Metadados Proposto.....	86
5.1 Ambiente do Sistema Protótipo.....	87
5.1.1 Plataforma de Software e Hardware Utilizada no Sistema Protótipo.....	87
5.1.2 Arquitetura do Sistema Protótipo.....	88
5.2 Implementação da Carga das Imagens DICOM para o Banco de Dados.....	89
5.2.1 Implementação da Carga Automática das Informações Associadas ao Exame.....	89
5.2.2 Implementação da Carga das Informações Associadas à Interpretação das Imagens.....	91
5.2.3 Implementação do Gerenciamento da Localização Física das Imagens..	97
5.3 Consulta à Estrutura de Metadados para a Recuperação das Imagens.....	98
5.4 Visualização das Imagens Recuperadas.....	104
5.5 Resultados Experimentais Obtidos com o Sistema Protótipo...	107

5.5.1 Ambiente do Hospital São Lucas.....	107
5.5.2 Resultados Obtidos.....	108
5.6 Considerações Finais.....	114
6 Conclusões.....	115
6.1 Principais Contribuições.....	116
6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	117
Anexo Exemplos de Softwares que Apresentam Facilidades para Extrair Informações Anotadas na Imagem DICOM.....	118
Bibliografia.....	122

Lista de Abreviaturas

ACR	<i>American College of Radiology</i>
ARIDicom	Armazenamento e Recuperação de Imagens no Formato DICOM
BLOB	<i>Binary Large Objects</i>
BMP	<i>OS/2 – Microsoft Windows Bitmap</i>
CID	Código Internacional de Doença
CDI	Centro de Diagnóstico por Imagem
CD	<i>Compact Disk</i>
CORBA	<i>Common Object Request Broker Architecture</i>
CT	Tomografia Computadorizada
DBMS	<i>Database Management System</i>
DC	<i>Dublin Core</i>
DICOM	<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i>
DISIMA	<i>DIStributed Image database MANagement system</i> - Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Multimídia e de Imagens
EPS	<i>Encapsulated PostScript</i>
EP2	<i>Encapsulated level 2 PostScript</i>
FGDC	<i>Federal Geographic Data Committee</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GB	<i>Gigabyte</i>
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i>
HD	<i>Hard Disk</i>
HIS	<i>Hospital Information System</i>
HSL	Hospital São Lucas
IAFA/whois++	<i>Internet Anonymous Ftp Archive with whois++ protocol</i>

IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
InCor	Instituto do Coração de São Paulo
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
ISO	<i>International Standards Organization</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
JDBC	<i>JAVA Data Base Connection</i>
JFIF	<i>JPEG File Interchange Format</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
JVM	<i>JAVA Virtual Machine</i>
LUT	<i>Look Up Table</i>
LZW	Formato de compressão baseado no algoritmo de A. Lempel, J. Ziv e T. Welch
MARC	<i>Machine Readable Catalogue</i>
MB	<i>Megabyte</i>
MHZ	<i>Mega Hertz</i>
MN	Medicina Nuclear
MR	Ressonância magnética
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i>
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
OSI	<i>Open System Interconnection</i>
PACS	<i>Picture Archiving and Communications Systems</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PCX	<i>PC paint file (grayscale only)</i>
PGM	<i>Portable Gray Map</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
PS	<i>PostScript</i>

PSC	<i>Compressed PostScript image</i>
PS2	<i>PostScript level 2 (color)</i>
QBIC	<i>Query By Image Content</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RIS	<i>Radiology Information System</i>
ROI	<i>Region Of Interest</i>
RPIX	<i>Raw Pixel</i>
SAIF	<i>Spatial Archive and Interchange Format</i>
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SGBDOO	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Orientado a Objeto
SPIFF	<i>Still Picture Interchange File Format</i>
SQL	<i>Structure Query Language</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
TEI	<i>Text Encoding Initiative</i>
TIFF	<i>Tag Image File format</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
US	Ultrassonografia
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
VIR	<i>Visual Information Retrieval</i>
VR	Valor de Referência
WWW	<i>World Wide Web</i>

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 -	Imagem de um exame de raios X de tórax.....	26
FIGURA 2.2 -	Imagem de um exame de CT da espinha.....	28
FIGURA 2.3 -	Imagem de um exame de MR do cérebro.....	29

FIGURA 2.4 -	Exemplo do mapeamento de séries em um CT [DIC 97].....	32
FIGURA 2.5 -	Estrutura lógica do formato PYPYRUS [PAP 00].....	34
FIGURA 2.6 -	Estrutura do Grupo de dados e do elemento de dado do DICOM [DIC 99e].....	36
FIGURA 2.7 -	Estrutura da mensagem DICOM [DIC 99g].....	37
FIGURA 2.8 -	Relacionamento das partes de 1 a 9 do padrão DICOM [DIC 99a].....	37
FIGURA 2.9 -	Estrutura lógica do formato DICOM para mídia removível.....	38
FIGURA 2.10 -	Exemplo da estrutura do <i>pixel</i> da imagem no formato DICOM [DIC 99e].....	39
FIGURA 2.11 -	Interface para seleção de uma imagem no OSIRIS.....	43
FIGURA 2.12 -	Interface de seleção de uma imagem na lista de pacientes do OSIRIS.....	43
FIGURA 2.13 -	Interface principal do visualizador de imagens do OSIRIS.....	44
FIGURA 2.14 -	Interfaces secundárias do visualizador OSIRIS.....	44
FIGURA 2.15 -	Visualizador OSIRIS exibindo imagem, informações da reta traçada sobre a imagem e as informações gravadas no arquivo texto.....	45
FIGURA 2.16 -	Visualizador OSIRIS exibindo imagem, informações da região de interesse e as informações gravadas no arquivo texto.....	46
FIGURA 2.17 -	Interface de pesquisa para seleção de uma imagem no EFILM	47
FIGURA 2.18 -	Interface do visualizador de imagens do EFILM.....	48
FIGURA 2.19 -	Interface secundária do EFILM com dados associados à imagem.....	48
FIGURA 2.20 -	Interface principal do visualizador de imagens do HIPAX.....	49
FIGURA 2.21 -	Interface secundária do HIPAX com dados associados à imagem.....	50
FIGURA 2.22 -	Interface do visualizador de imagens do FP Image.....	51
FIGURA 2.23 -	Interface do processador de imagens do FP Image.....	52
FIGURA 2.24 -	Anotações no FP Image.....	52
FIGURA 2.25 -	ROI e estatística no FP Image	52
FIGURA 2.26 -	Distância no FP Image.....	53
FIGURA 2.27 -	Medidas no FP Image.....	53

FIGURA 2.28 -	Tamanho de uma região no FP Image.....	53
FIGURA 2.29 -	Valores dos <i>pixels</i> de uma região da imagem no FP Image.....	53
FIGURA 3.1 -	Visão geral do modelo do DISIMA.....	61
FIGURA 3.2 -	Exemplo da hierarquia da imagem.....	61
FIGURA 3.3 -	Exemplo da hierarquia do objeto saliente lógico.....	62
FIGURA 3.4 -	Esquema Conceitual de Metadados para Imagem [GAR 99]....	63
FIGURA 3.5 -	Modelo entidade-relacionamento das entidades de informação do DICOM [DIC 99c].....	66
FIGURA 3.6 -	Mapeamento de uma investigação clínica para o modelo de informação.....	67
FIGURA 4.1 -	Imagem DICOM obtida através de um equipamento Siemens..	76
FIGURA 4.2 -	Conteúdo da <i>tag</i> (6021 1010) correspondente a imagem apresentada na figura 4.16.....	76
FIGURA 4.3 -	Exemplo da estrutura de armazenamento de um <i>pixel</i> com <i>overlay</i>	78
FIGURA 4.4 -	Exemplo de imagem DICOM com <i>overlay</i> e imagem DICOM somente com <i>overlay</i>	78
FIGURA 4.5 -	Distribuição diária do volume de imagens adquiridas num período de 10 dias num ambiente de radiologia no <i>Victoria General Hospital</i> [FIS 88].....	80
FIGURA 4.6 -	Gerenciamento da localização das imagens conforme 1º opção do armazenamento <i>on-line</i>	81
FIGURA 4.7 -	Gerenciamento da localização das imagens conforme 2º opção do armazenamento <i>on-line</i>	82
FIGURA 4.8 -	Gerenciamento da localização das imagens conforme 3º opção do armazenamento <i>on-line</i>	82
FIGURA 4.9 -	Esquema de recuperação das imagens.....	84
FIGURA 5.1 -	Primeira tela do sistema protótipo.....	86
FIGURA 5.2 -	Arquitetura do sistema protótipo.....	88
FIGURA 5.3 -	Opção de menu para a carga automática das imagens.....	90
FIGURA 5.4 -	Tela de imagens inconsistentes.....	91
FIGURA 5.5 -	Tela principal do protótipo com as opções de arquivos disponíveis.....	92
FIGURA 5.6 -	Tela de estudo sem diagnóstico.....	92
FIGURA 5.7 -	Tela de atualização do diagnóstico.....	93

FIGURA 5.8 -	Tela de inclusão do diagnóstico.....	93
FIGURA 5.9 -	Tela de alteração do diagnóstico.....	94
FIGURA 5.10 -	Tela de inclusão das patologias.....	95
FIGURA 5.11 -	Tela de associação da patologia com o sinal biológico.....	95
FIGURA 5.12 -	Tela de informação do valor do sinal biológico.....	96
FIGURA 5.13 -	Tela de associação da patologia com a imagem.....	96
FIGURA 5.14 -	Tela de alteração da patologia.....	97
FIGURA 5.15 -	Tela de configurações.....	98
FIGURA 5.16 -	Tela de opções de pesquisa na base de dados.....	99
FIGURA 5.17 -	Tela de opções sinais biológicos.....	99
FIGURA 5.18 -	Método exemplo utilizando a concatenação de <i>querys</i>	100
FIGURA 5.19 -	Tela informando que as imagens <i>off-line</i> serão copiadas posteriormente.....	101
FIGURA 5.20 -	Tela com o resultado da pesquisa na base de dados.....	102
FIGURA 5.21 -	Tela suspeita inicial.....	103
FIGURA 5.22 -	Tela diagnóstico.....	103
FIGURA 5.23 -	Tela imagens.....	104
FIGURA 5.24 -	Tela exemplo da consulta.....	105
FIGURA 5.25 -	Tela exemplo do diretório contendo as imagens recuperadas	105
FIGURA 5.26 -	Tela exemplo da organização do diretório através do software EFILM.....	106
FIGURA 5.27 -	Tela exemplo da visualização das imagens recuperadas.....	106
FIGURA 5.28 -	Preenchimento da tela de configurações para o teste do gerenciamento automático da localização das imagens.....	109
FIGURA 5.29 -	Diretório com as imagens recuperadas automaticamente dos ambientes <i>on-line</i> e <i>near-line</i>	110
FIGURA 5.30 -	Mensagem de aviso ao usuário sobre a recuperação das imagens <i>off-line</i>	111
FIGURA 5.31 -	<i>E-Mail</i> para o operador.....	111
FIGURA 5.32 -	Tela para processar protocolos pendentes.....	111
FIGURA 5.33 -	<i>E-Mail</i> para o usuário.....	112
FIGURA 5.34 -	Diretório com as imagens recuperadas dos ambientes <i>on-line</i> , <i>near-line</i> e <i>off-line</i>	112

FIGURA A.01 - Exemplo do processamento de imagem utilizando o FPIMAGE.....	118
FIGURA A.02 - Exemplo de um <i>script</i> desenvolvido para extrair informações dos ROIs.....	119
FIGURA A.03 - Exemplo do processamento de imagem utilizando o <i>software</i> OSIRIS.....	120

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 -	Comparação dos parâmetros das imagens para modalidades de aquisição de imagens estáticas [MAN 98].....	24
TABELA 2.2 -	Representação de alguns exemplos de números tomográficos.....	27
TABELA 2.3 -	Exemplo da organização do dicionário de dados do ACR-NEMA.....	33
TABELA 4.1 -	Exemplos de <i>tags</i> do dicionário do DICOM que identificam os metadados do “ <i>Overlay</i> ” e da “ <i>Curva</i> ”.....	75
TABELA A.1-	Arquivo texto gerado pelo FP Image.....	120

Resumo

Em linhas gerais, este trabalho aborda os temas de armazenamento de grandes volumes de imagens no formato DICOM, e a recuperação das mesmas com base em informações associadas a estas imagens (metadados independentes do conteúdo), informações obtidas na fase da interpretação das imagens (metadados descritivos de conteúdo), ou usando informações visuais que foram anotadas nas imagens ou extraídas das mesmas, por médicos especialistas em imagens médicas (metadados dependentes do conteúdo).

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de elaborar uma modelagem conceitual que permita a descrição dos dados relevantes de imagens no formato DICOM, de maneira a facilitar a recuperação das mesmas posteriormente. As classes pertencentes ao modelo conceitual, decorrentes dessa modelagem, viabilizam a documentação de imagens médicas estáticas no formato DICOM.

Visando o armazenamento de um grande volume de imagens médicas por um longo período de tempo, e considerando o desenvolvimento de uma solução economicamente viável para as instituições que provêm diagnóstico médico por imagens, o modelo propõe o armazenamento das imagens em um ambiente separado do banco de dados. Portanto, este trabalho apresenta uma solução que gerencia a localização das imagens em mídias *on-line*, *near-line* e *off-line*. Este gerenciamento mantém o banco de dados atualizado quanto à localização atual das imagens, mantém as imagens armazenadas e distribuídas em mídias conforme a disponibilidade dos recursos físicos de armazenamento, e auxilia na recuperação das imagens.

Este modelo serviu como base para a implementação de um sistema protótipo que possibilita a descrição e a recuperação de imagens DICOM. Os resultados obtidos através da implementação do sistema protótipo, em termos de armazenamento, recuperação e gerenciamento da localização das imagens nos diferentes ambientes (*on-line*, *near-line* e *off-line*), são apresentados e discutidos.

Palavras-chaves: Armazenamento de imagens médicas, Banco de imagens, Imagens médicas, Modelo conceitual, Padrão DICOM, Recuperação de imagens médicas por conteúdo.

TITLE: “A METADATA MODEL FOR STORAGE AND RETRIEVAL OF STATIC DICOM IMAGES”

Abstract

This work approaches the issue of the storage of large numbers of medical images in DICOM format, and their retrieval based on information associated to those images (content-independent metadata), information obtained during the interpretation of those images (content-descriptive metadata), or yet, visual information linked to the images or extracted of them by medical doctors (content-dependent metadata).

This work proposes a conceptual model for static DICOM image representation, and allows content-based retrieval. The conceptual model is structured in classes, and is extensible to later DICOM format versions.

The common problem of storing a large volume of medical images for long-term, and considering an economically viable solution for small and medium size institutions that use intensive medical imaging diagnosis, this model proposes storing images in an environment external to the database. Therefore, this work presents a solution that manages the image location in on-line, near-line and off-line media environments, while maintaining the database updated in terms of the current image locations, optimizing the available media utilization, while helping image retrieval.

A prototype system based on the proposed model was implemented. The results obtained using this prototype system, in terms of storage, and image retrieval and location management in the different environment (on-line, near-line and off-line), are presented and discussed.

Keywords: Medical images storage, Images database, Medical images, Conceptual model, DICOM standard, Medical images content-based retrieval.

1. Introdução

Entre as novas áreas de pesquisa da tecnologia da informação está a recuperação de informações visuais, cujo objetivo é o de recuperar imagens, ou seqüências de imagens, a partir de um repositório [DEL 99b].

Uma das dificuldades encontrada para a implementação da recuperação de imagens em bancos de dados está na forma estruturada com que os dados são armazenados. De maneira distinta dos dados estruturados, onde cada dado está armazenado em uma coluna separada e de fácil acesso através das linguagens de consulta, as informações de uma imagem estão contidas dentro da própria imagem, dificultando a sua representação e recuperação.

Mesmo que tecnologias atuais permitam obter, manipular, transmitir e armazenar grandes volumes de imagens, as metodologias de busca são ainda limitadas. Bancos de dados de imagem tem sido uma área de grande importância em muitos domínios de aplicação. Entretanto, falta ainda um meio mais natural de consultar e acessar esses bancos de dados de imagem, já que em sua grande maioria, as imagens armazenadas nos bancos de dados não são descritas de forma adequada [GAR 99].

No mundo de banco de dados fala-se muito sobre modelagem conceitual, a qual tenta representar a semântica dos dados. A semântica de imagens é essencialmente extraída de seu conteúdo, e a menos que exista um método efetivo e sistemático para identificar esses conteúdos, o banco de dados irá degenerar para uma coleção de dados sem nenhuma semântica [GAR 99].

Existem informações importantes que não estão visíveis na própria imagem, estão associados a ela, e outras que estão na imagem mas não podem ser percebidas sem um conhecimento mais específico. Isto sugere a idéia de se ter descritores associados às imagens, sendo estes descritores conhecidos como metadados.

O termo metadados, comumente definido como “dado sobre dados” [HEE 96], tem a finalidade principal de documentar e organizar, de forma estruturada, os dados das organizações com o objetivo de minimizar a duplicação de esforços e facilitar a manutenção desses dados. Os metadados incluem descrições do conteúdo dos dados, no caso imagem, e qualquer informação que seja relevante para a recuperação dos dados com base em seus conteúdos.

Existem diferentes padrões de metadados, cuja utilização depende das informações associadas: FGDC (*Federal Geographic Data Commitee*) para descrição de dados geo-espaciais [FGD 98]; MARC (*Machine Readable Catalogue*) para catalogação bibliográfica [HEE 96]; IAFA/whois++ (*Internet Anonyous Ftp Archive with whois++ propocol*) para a descrição do conteúdo e serviços disponíveis em arquivos ftp (*file transfer protocol*) [DEU 95]; TEI (*Text Encoding Initiative*) para a representação de materiais textuais na forma eletrônica [TEI 01]; DC (*Dublim Core*) para a documentação de documentos eletrônicos na Web [HEE 97]; SAIF (*Spatial Archive and Interchange Format*) para compartilhamento de dados espaciais e espaços temporais [SAI 95].

Apesar disso, em se tratando de imagens digitalizadas ainda não existe um consenso, nem na área da Ciência da Computação, nem na área da Ciência da Informação, de como descrever os dados de forma padronizada [GAR 99].

Considerando a necessidade acima e a abrangência do domínio de aplicação do armazenamento e recuperação de imagens digitalizadas, tais como: museus de arte, arquivamento de fotografias, indústria têxtil, imagens médicas, projetos de engenharia, imagens geográficas e outros. E, conseqüentemente, necessidades distintas para a recuperação de imagens de cada domínio de aplicação. Faz-se necessário o desenvolvimento de soluções específicas para cada domínio de aplicação. Segundo Del Bimbo [DEL 99a], em se tratando de recuperação de imagens, sistemas genéricos dificilmente terão sucesso.

Com este enfoque, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma modelagem conceitual que permita a descrição dos dados relevantes das imagens médicas no formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Em se tratando de imagens médicas, DICOM é um formato de dados conhecido nesta área [HOR 00].

Entre as diversas aplicações da recuperação de imagens médicas pode-se destacar as seguintes: recuperar as imagens dos exames do paciente para fins legais; envio das imagens pela rede; tele-medicina; reavaliação de laudos; reimpressão dos filmes; comparar exames antigos com exames novos para avaliar a evolução de uma patologia; comparar exames de um paciente com exames de outro paciente para ajudar no diagnóstico; estudo de patologias; e para auxiliar em diferentes tipos de pesquisas médicas.

1.1 Objetivos Específicos

As classes pertencentes ao esquema conceitual, decorrente dessa modelagem, deverão viabilizar a documentação de uma imagem estática do tipo tomografia computadorizada, ressonância magnética, raios X, e outros tipos de imagens médicas estáticas.

O esquema proposto deverá descrever tanto os dados associados à imagem, tais como informações do paciente e do exame, quanto as informações obtidas por médicos especialistas ao interpretar imagens médicas: patologias, regiões de interesse e medidas.

O esquema, também, deverá possibilitar o armazenamento de imagens por muitos anos, no mínimo 5 anos para fins legais. A solução para o armazenamento das imagens deve considerar os recursos de armazenamento disponíveis.

Em fim, a solução proposta deve permitir o armazenamento de um grande volume de imagens médicas para serem recuperadas, posteriormente, com base em informações associadas a estas imagens (ex: informações do paciente e do exame), informações obtidas na fase da interpretação das imagens (ex: patologias diagnosticadas), ou usando informações visuais que foram anotadas nas imagens por médicos especialistas (ex: regiões de interesse, estatísticas, medidas de distância e ângulos anotados).

Para finalizar, este esquema será a base para a implementação de um protótipo de aplicação em um ambiente que possibilite o armazenamento e a recuperação de imagens médicas baseadas em seus descritores. O protótipo possibilitará a recuperação de imagens médicas estáticas com base em informações do paciente e do exame (ex: nome, data de nascimento, modalidade do exame), e em informações obtidas na fase da interpretação das imagens (ex: órgão lesado, patologias, sinais biológicos, etc.). No protótipo apresentado, as informações associadas à imagem, informações do paciente e do exame, serão adquiridas automaticamente das imagens DICOM, isto é, sem a

intervenção do usuário. Por outro lado, as informações semânticas relacionadas com a interpretação das imagens por médicos especialistas, serão adquiridas com pouca intervenção do usuário.

1.2 Organização da Dissertação

Além desse capítulo introdutório, o trabalho conta com outros 6 capítulos descritos a seguir:

Capítulo 2: apresenta um estudo descrevendo a caracterização de imagens estáticas digitais, considerando suas principais características, principalmente para o domínio da medicina. Este estudo descreve a técnica de aquisição e as informações obtidas de imagens médicas estáticas como a tomografia computadorizada, ressonância magnética e raios X; apresenta alguns formatos de arquivos para mídia do tipo imagem, sendo dois deles desenvolvidos especialmente para imagens médicas (DICOM e PAPYRUS); e faz uma breve descrição de algumas ferramentas de processamento e visualização de imagens médicas.

Capítulo 3: apresenta duas soluções comerciais que possuem extensões para tratar objetos do tipo imagem; discute o projeto DISIMA (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Multimídia e de Imagens) cujo objetivo é modelar imagens para recuperá-las com base em seus conteúdos; discute um modelo de metadados proposto para documentar e recuperar imagens estáticas digitais do tipo fotografia, pintura ou gravura; e apresenta a visão dos projetistas do padrão DICOM quanto à estruturação das informações associadas às imagens médicas no ambiente da radiologia.

Capítulo 4: propõe um modelo conceitual de metadados para documentação e recuperação de imagens médicas; descreve possibilidades de mapear automaticamente os metadados das imagens para o banco de dados; e apresenta uma proposta de gerenciamento automático da localização das imagens fora do banco de dados.

Capítulo 5: descreve as principais diretrizes usadas na especificação do protótipo implementado para documentar e recuperar imagens, com base no modelo definido no capítulo 4; e apresenta os resultados experimentais obtidos pelo uso deste modelo.

Capítulo 6: apresenta a conclusão desta dissertação, as suas principais contribuições e sugestões para trabalhos futuros.

2 Imagens Estáticas Digitais no Domínio da Medicina

Este capítulo tem o propósito de discutir a caracterização de imagens estáticas digitais, principalmente para o domínio da medicina.

Imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz cujos índices de linhas e de colunas identificam um ponto na imagem. Os elementos dessa matriz digital são chamados de elementos da imagem, *pixels* ou *pels* [GON 00]. *Pixels* tem associadas intensidades interpretadas como luminosidade, cor ou outra quantidade. *Pixels* podem ser simplesmente 0 ou 1, indicando branco ou preto para imagens estáticas em preto-e-branco, ou identificar o nível de cinza naquele ponto da imagem. Por outro lado, imagens coloridas de alta resolução podem conter 8, 16 ou 24 *bits* por *pixel*, permitindo a representação de milhões de cores [GAR 99]. Pode-se armazenar qualquer imagem no computador desta maneira, ou convertendo-a da representação analógica para a digital, ou gerando-a diretamente na forma digital.

Um enfoque mais detalhado com relação a conceitos básicos e dados técnicos da imagem podem ser visto na seção 2.1. A seção 2.2 descreve a técnica de aquisição e as informações obtidas de imagens médicas estáticas digitais mais utilizadas nesta área, tais como: raios X, tomografia computadorizada e ressonância magnética. Na seção 2.3, são apresentados alguns formatos de arquivos para mídia do tipo imagem, dois formatos desenvolvidos especialmente para imagens médicas (DICOM e POPYRUS), e uma análise comparativa dos formatos DICOM e POPYRUS. Na seção 2.4 é feita uma breve descrição do processamento e análise de imagens, e são apresentadas algumas ferramentas de processamento e visualização de imagens médicas. Para finalizar, são apresentadas algumas considerações finais referentes a este capítulo.

2.1 Conceitos Básicos

Para o desenvolvimento de uma modelagem conceitual que permita a descrição e recuperação de imagens médicas, faz-se necessário o entendimento do que vem a ser imagem digital, e como ela pode e/ou deve ser adquirida e descrita.

Nesta seção serão apresentadas algumas características consideradas informações técnicas da imagem, necessárias para o desenvolvimento deste trabalho e para o entendimento dos próximos capítulos.

Como mencionado na introdução deste capítulo, imagem digital pode ser considerada uma matriz de *pixels*, onde cada *pixel* contém uma intensidade (luminosidade, cor ou outra quantidade). Mas, em se tratando de imagens digitais, existem outros conceitos e informações técnicas necessários para a representação destas imagens, são eles:

2.1.1 Formato

Identifica um *layout* pré-estabelecido para dados, ou seja, especifica um padrão de armazenamento de arquivo. Desta forma, todos os dados são armazenados num *layout* que possibilita o processamento destes dados por *softwares* que entendam este formato. Para armazenamento de imagens, existe uma variedade de formatos como por exemplo: TIFF, GIF, JFIF, SPIFF, BMP, PNG, EPS, DICOM, etc..

2.1.2 Esquema de Compressão

Identifica o tipo de compressão utilizado no armazenamento da imagem digital. Compressão de imagens é o processo de redução do tamanho do arquivo da imagem através de métodos tais como: retirada de informação redundante ou eliminação de informação difícil de ser detectada pelo olho humano. Existem dois tipos de compressão de imagem: compressão com perdas e compressão sem perdas. Uma imagem descomprimida é vista após a compressão sem perdas de forma idêntica ao seu estado antes de ser comprimida. A compressão com perdas significa a perda de dados e conseqüentemente perda de qualidade. A compressão sem perdas, normalmente, reduz o armazenamento em 50%, enquanto que a compressão com perdas reduz em até 96% [GAR 99]. Como exemplos de esquemas de compressão pode-se citar os seguintes: JPEG (*Joint photographic experts group*, com perdas), e o LZW (formato de compressão baseado no algoritmo de A. Lempel, J. Ziv e T. Welch, sem perdas).

2.1.3 Resolução

É definida pelo número de *pixels* usado para representar uma dada área da imagem digital. A resolução de um arquivo imagem é sempre expressa como uma proporção, como por exemplo 1000 x 2000; uma matriz 640 x 480, por exemplo, é usada para caracterizar a exibição da imagem no monitor. Já a resolução de impressão é expressa em termos de *pixels* por polegada da imagem impressa (dpi – *dots per inch*) [GAR 99].

2.1.4 Histograma

Representa a distribuição das cores existentes na imagem digital, de acordo com cada *pixel*. É o modo mais tradicional de descrever propriedades de cores da imagem. Ele é obtido por discretização das imagens coloridas e contando quantos *pixels* pertencem a cada cor [DEL 99b].

2.2 Aplicações de Imagens Estáticas em Medicina

Segundo Greenes [GRE 90], as atividades de um departamento de radiologia podem ser divididas em quatro categorias: geração de imagens, análise de imagens, gerenciamento de imagens e gerenciamento de informações. Cada uma destas tarefas pode ser simplificada com o uso de computadores. A geração dos diversos tipos de imagens médicas consiste no processo de produção de imagens que os profissionais da saúde usam para visualizar a estrutura interna e as funções do corpo humano, de maneira indireta. A partir da última década, o uso de diferentes modalidades de imagem digitais para o diagnóstico clínico e planejamento de terapia aumentou consideravelmente. Algumas destas modalidades, tais como tomografia computadorizada e ressonância magnética, são capazes de produzir imagens da anatomia interna de alta precisão.

As imagens médicas podem ser avaliadas por vários parâmetros de qualidade. Entre eles pode-se destacar a resolução espacial, o contraste e a resolução temporal, que têm sido largamente utilizados para qualificar as imagens de raios X tradicionais; eles também fornecem uma maneira objetiva de comparar imagens formadas através de diferentes modalidades de aquisição de imagens digitais.

O parâmetro de resolução espacial está relacionado com o delineamento das estruturas na imagem. Relaciona-se com a possibilidade de distinção de pontos de um mesmo objeto na imagem. Para uma imagem digital, a resolução espacial é determinada pelo número de *pixels* por área de imagem. Contraste é a habilidade de distinguir pequenas diferenças de intensidade, que são relacionadas com as diferenças em atenuação de raios X. Para imagens digitais, o número de *bits* por *pixel* determina a resolução de cinzas de uma imagem. Já a resolução temporal relaciona-se com o tempo necessário para criar uma imagem. Em uma aplicação de tempo real é possível gerar imagens em uma taxa de pelo menos 30 imagens por segundo. Assim é possível, por exemplo, produzir imagens nítidas do coração batendo [MAN 98].

Outros parâmetros que são relevantes para imagens médicas são: os riscos do paciente na aquisição da imagem, o grau de agressão (ou invasão), a dosagem de radiação ionizante, o grau de desconforto do paciente, o tamanho do instrumento imageador (portabilidade), a habilidade de descrição das funções fisiológicas, bem como da estrutura, e o custo do procedimento. Uma modalidade de imagem perfeita produziria imagens com alta resolução espacial e temporal, de alto contraste, teria um baixo custo, seria portátil, livre de risco para o paciente, indolor e não-invasiva, não usaria radiação ionizante e descreveria as funções fisiológicas, bem como a estrutura anatômica. A principal razão para a proliferação de modalidades de aquisição de imagens é que uma única modalidade não satisfaz todos estes requisitos, ver tabela 2.1. A seleção da modalidade mais apropriada para um problema particular requer um compromisso entre estes vários critérios [MAN 98].

TABELA 2.1 – Comparação dos parâmetros das imagens para modalidades de aquisição de imagens estáticas [MAN 98]

	Raios X digital	Tomografia Computadorizada	Ressonância Magnética
<i>Pixels</i> por imagem	1000 ²	(256-512) ²	256 ²
Bits por <i>pixel</i>	12	11-13	10
Resolução espacial	Alta	Média	Baixa
Resolução de contraste	Alta	Alta	Baixa
Radiação	Baixa	Média	Nenhuma
Custo	Média	Alto	Alto
Funções fisiológicas	Não	Não	Alguma
Portabilidade	Sim	Não	Não

A seguir, são descritas as técnicas mais utilizadas de aquisição de imagens estáticas no domínio da medicina.

2.2.1 Raios X

O exame de raios X foi o primeiro e mais utilizado exame não-invasivo do interior do corpo humano. Este exame foi desenvolvido em 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen, que recebeu o prêmio Nobel de física em 1901 por esta invenção. A descoberta causou um entusiasmo no mundo inteiro, especialmente na área da medicina, sendo que em 1900 já existiam vários grupos de médicos radiologistas. Assim, surgiu um novo ramo da medicina dedicado a estudar e visualizar as estruturas e suas funções no corpo humano [MAN 98].

O paciente submetido a um exame de raios X é colocado entre uma fonte emissora de radiação ionizante e um filme sensível a raios X. A imagem é produzida através da projeção plana do corpo do paciente, o qual absorve parcialmente os raios X em diferentes graus, de acordo com a “dureza” dos tecidos e ossos do corpo. Sendo assim, os raios X produzem sombras no filme radiografado. O exame de raios X possui, basicamente, duas deficiências: a superposição de estruturas e o baixo contraste entre tecidos não-ósseos. Estas deficiências devem-se ao fato de que todas as estruturas atravessadas pelos raios são projetadas, gerando uma imagem que representa a atenuação total dos raios X devida a todas estruturas sobrepostas; sombras geradas pelas estruturas próximas podem obscurecer o objeto que o médico deseja visualizar. A radiografia de contraste, que consiste no uso de um material de contraste para delinear as áreas de interesse, foi usada em torno de 1902 para ajudar a lidar com este problema. O desejo de separar estruturas sobrepostas também levou ao desenvolvimento de uma variedade de técnicas de tomografia, descritas nas próximas seções. A radiografia digital, por sua vez, aplica as mesmas técnicas da radiografia comum, porém as imagens são digitalizadas e estes dados são armazenados na memória do computador, ao invés de serem gravadas em um filme [GRE 90].

Os raios X podem penetrar nos objetos opacos em quaisquer orientações para gerar projeções bidimensionais. Tais procedimentos são relativamente baratos e amplamente disponíveis. Procedimentos de raios X padrão são excelentes para exames rotineiros do pulmão, do coração e do esqueleto, mas não podem fornecer imagens dos tecidos moles, onde encontram-se a maioria das doenças. Para estes dados, na forma digital, cada imagem ocupa $4K \times 4K \times 2bytes$. Segundo Rhodes [RHO 97], este tipo de exame envolve normalmente em torno de cinco imagens

Pode se dizer que os raios X são considerados um termo genérico que se aplica a um grande número de técnicas de aquisição de imagens, todas utilizando raios X, para fornecer informações de diagnóstico médico. As imagens de raios X são tradicionalmente subdivididas em quatro tipos: radiologia geral, fluoroscopia, mamografia e vascular. O primeiro, é o tipo básico e mais popular dos exames de raios X, tipicamente utilizado para obtenção de imagens do tórax e para avaliação de ossos quebrados. Fluoroscopia consiste em uma dose baixa de raios X que permite que os médicos visualizem a anatomia de um órgão em tempo real. A mamografia é usada para visualizar a estrutura interna do seio, permitindo assim a detecção precoce do câncer de mama. O último tipo de imagens de raios X, o vascular, é basicamente dividido em dois: angiografia e imagens cardiovasculares. Estes dois procedimentos envolvem a injeção de material de contraste nos vasos sanguíneos do paciente, de forma que a estrutura dos vasos ou do coração possa ser visualizada [MAN 98].

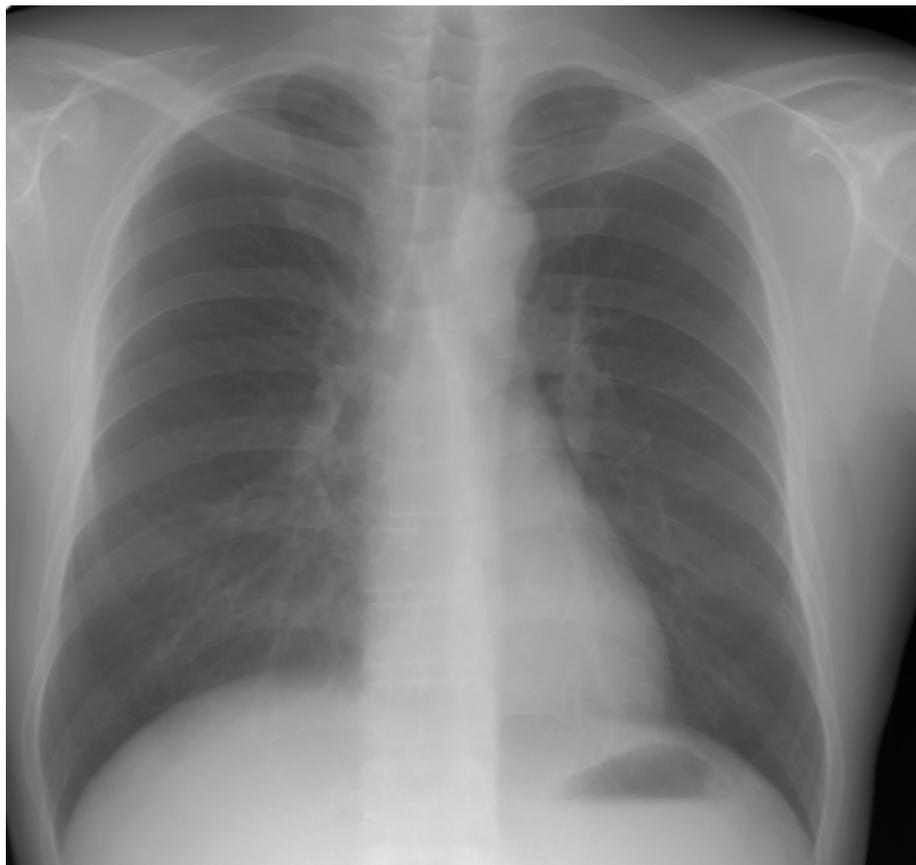


FIGURA 2.1 – Imagem de um exame de raios X de tórax

2.2.2 Tomografia Computadorizada

A tomografia computadorizada (CT) revolucionou as imagens médicas em 1972, pois permitiu a visualização de estruturas previamente invisíveis em diagnósticos radiológicos convencionais. Seus criadores, Godfrey Hounsfield e Dr. Comark, ganharam o prêmio Nobel de 1979. Os aparelhos de CT também utilizam raios X, que são emitidos em um plano transversal ao corpo do paciente [MAN 98].

Os sistemas de tomografias reúnem uma série de imagens de regiões anatômicas obtidas através de diferentes planos de aquisição de imagens, com alguns milímetros de distância entre cada fatia. Desta forma, uma série de imagens 2D igualmente espaçadas representam uma estrutura anatômica 3D. Os equipamentos mais recentes de tomografia computadorizada (CT) adquirem dados continuamente, enquanto os pacientes avançam automaticamente através do dispositivo de aquisição. Estes aparelhos possuem uma arquitetura *slip ring* que gera um conjunto espiral de dados, cobrindo melhor a anatomia do paciente do que a CT convencional [MAC 00].

Na CT, a imagem é formada a partir da interação da radiação com o segmento corpóreo de eleição, a radiação incide sobre os detectores, originando sinais elétricos diretamente proporcionais à intensidade da radiação. Esses sinais são qualificados e um computador elabora uma imagem digital, com uma ampla faixa de tons cinza conhecida como escala de Hounsfield.

Desta forma, para cada *pixel* é necessário um valor numérico. A variação de valores numéricos é o que vai propiciar a formação de imagem por diferença de

contraste. Esses valores são calculados sempre em relação ao coeficiente de absorção linear da água, para o qual é atribuído um valor numérico igual a zero. O tecido ósseo estaria na faixa positiva mais alta da escala, a parte óssea mais compacta seria a cortical óssea e teria um valor positivo de +1000. O valor mais baixo seria o ar das vias respiratórias e do tubo digestivo graduado em torno de -1000. Alguns exemplos de valores teciduais tomográficos estão apresentados na tabela abaixo.

TABELA 2.2 – Representação de alguns exemplos de números tomográficos

Tecido	Valor do <i>pixel</i>
Ar	-1000
Tecido Adiposo	-100
Água	0
Fluído Cerebral	15
Sangue	20
Substância Cinzenta	40
Substância Branca	45
Músculo	50
Osso Cortical	1000

Através da CT houve uma grande melhora na capacidade de distinguir regiões com diferentes índices de absorção de raios X, e na capacidade de separar estruturas encobertas, possibilitando, assim, a detecção radiológica de muitos órgãos e tecidos doentes [MAT 93, SIL 96].

A CT é indicada para auxiliar no diagnóstico da cabeça, da espinha, do tórax, do abdômen e da pélvis. O paciente corre riscos quando há a necessidade de injeção de material de contraste intravenoso. Suas vantagens são: ótima resolução espacial, e possibilidade de avaliação simultânea de múltiplos órgãos do sistema [MAN 98].

Em geral, os dados tomográficos ocupam 512 x 512 x 2 *bytes* para cada imagem. Normalmente, em cada exame são geradas aproximadamente 25 imagens (fatias) [RHO 97].

A figura 2.2 apresenta uma fatia obtida em um exame de tomografia computadorizada da espinha.

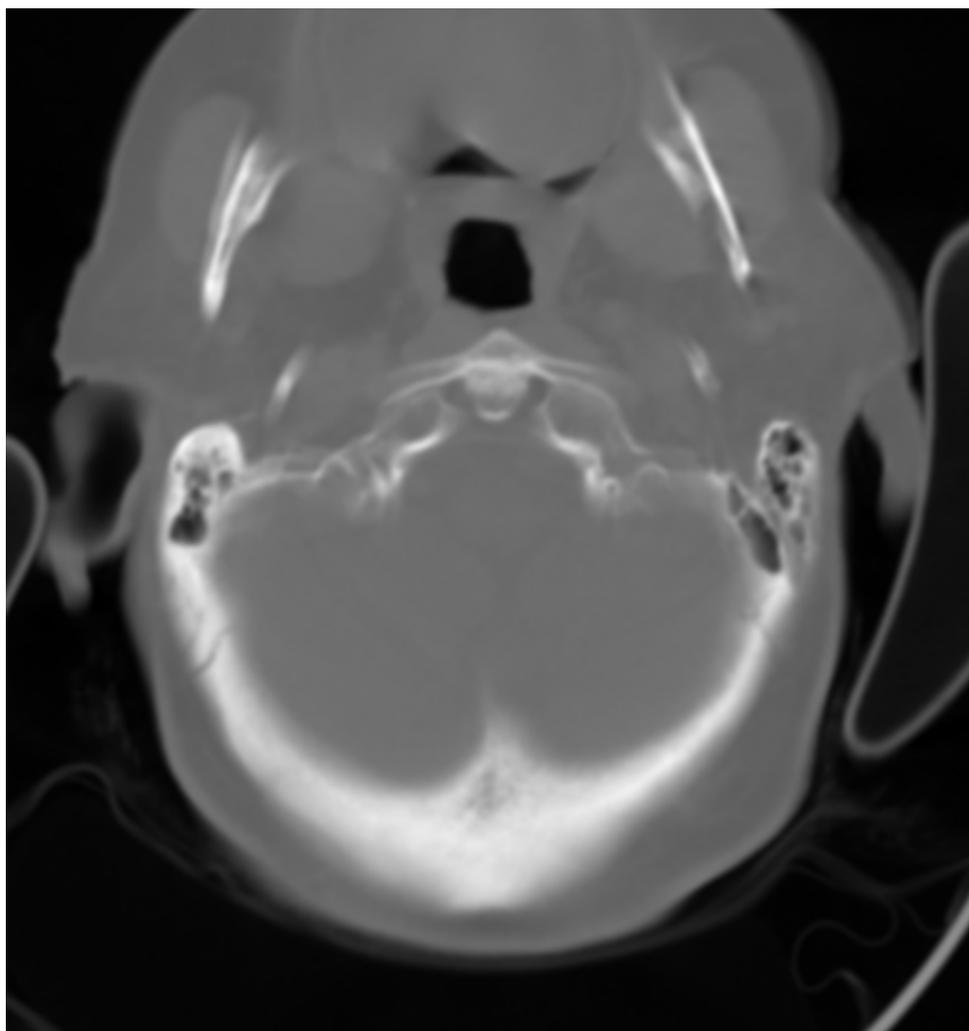


FIGURA 2.2 – Imagem de um exame de CT da espinha

2.2.3 Ressonância Magnética

Os exames por ressonância magnética (MR) permitem um bom contraste entre tecidos de baixa densidade. Nesta modalidade, mais recente que a CT, é utilizado um grande magneto (ímã), ondas de rádio e um computador. O magneto é amplo o suficiente para envolver o paciente, criando um forte campo magnético constante. O momento magnético dos núcleos dos átomos do corpo do paciente tende a se alinhar com este campo magnético, e ficam girando em torno deste campo com uma frequência que depende do tipo de átomo e da intensidade do campo magnético. Pulsos de rádio com determinada frequência são aplicados em ângulos específicos sobre o campo magnético constante. Os núcleos atômicos com frequência de rotação igual a frequência dos pulsos do rádio entram em ressonância com estes pulsos, absorvem a sua energia e mudam de orientação em relação ao campo magnético. Quando o pulso de rádio é retirado, os núcleos voltam a alinhar-se com o campo magnético, emitindo um sinal de rádio detectável. As diferenças de intensidade e duração destes sinais são usadas na geração das imagens [MAN 98].

Cada imagem de MR ocupa 512 x 512 x 2 *bytes*, sendo que em cada exame, normalmente, são obtidas em torno de 30 imagens [RHO 97].

A figura 2.3 mostra uma fatia obtida em um exame MR do cérebro.

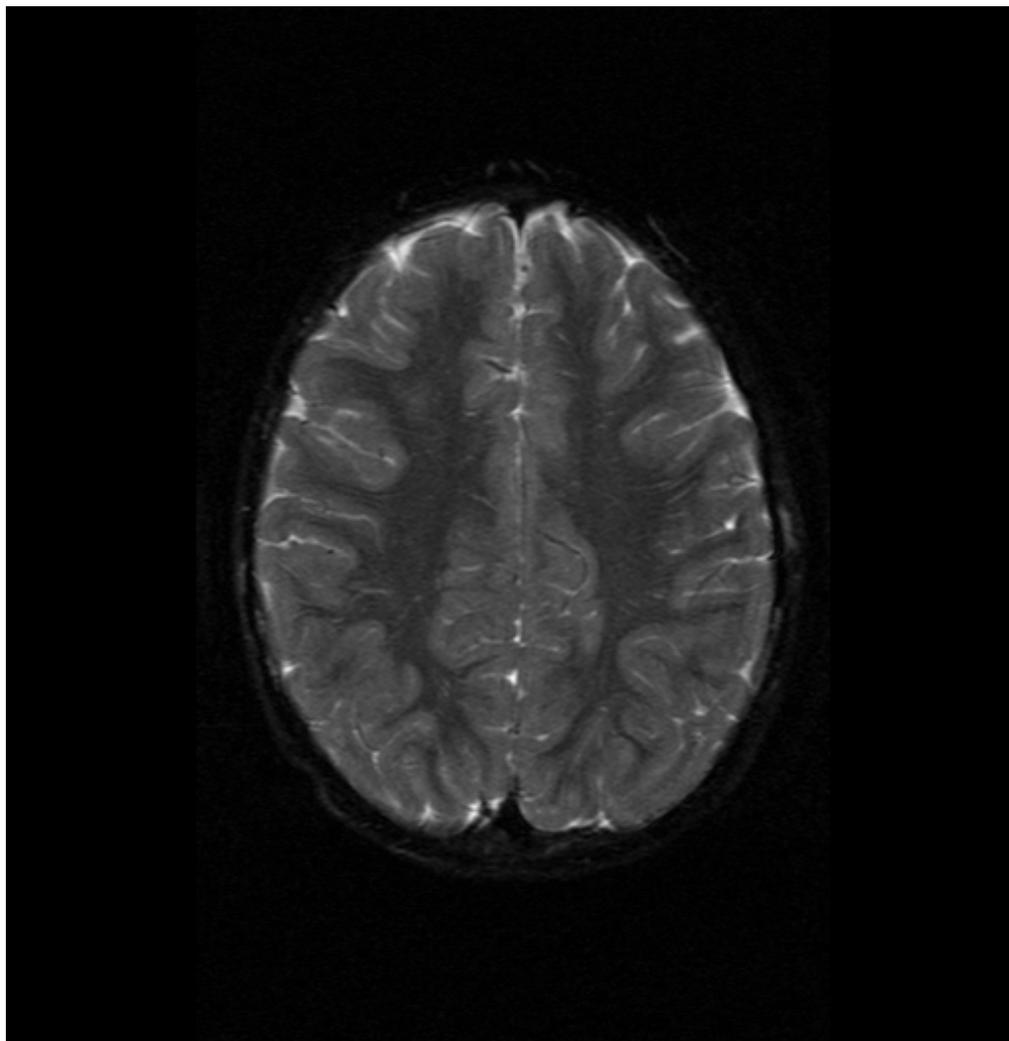


FIGURA 2.3 – Imagem de um exame de MR do cérebro

Uma das grandes características da MR é o seu potencial para realizar análises químicas de regiões do corpo de maneira não-invasiva. Átomos diferentes respondem de maneira diferente à aplicação das ondas de rádio-freqüência. Assim, o tecido que não é identificado em exames de raios X ou CT é claramente distinguível com técnicas MR. Um dos átomos mais fáceis de visualizar através da MR, o átomo de hidrogênio, também é um dos mais comuns do corpo. Desta forma, é possível observar o metabolismo e caracterizar tecidos, talvez, em alguns casos, diferenciando tecidos normais dos cancerígenos. A tecnologia MR é atualmente uma área de pesquisa ativa, onde estão sendo desenvolvidas muitas aplicações clínicas [GRE 90].

A MR é indicada para a visualização dos tecidos moles da região da cabeça, do pescoço, do tórax, do abdômen, da pélvis, do sistema muscular e ósseo, e da espinha. Este exame possui alguns riscos e contra-indicações, como para pessoas cardíacas ou com aneurisma. Algumas de suas limitações incluem a necessidade de contraste intravenoso em casos especiais, a sensibilidade ao movimento e a detecção de calcificação. Entre as vantagens que possui, pode-se citar a não utilização de radiação, a capacidade multiplanar, a possibilidade de mostrar o fluxo sanguíneo, e de detectar a má formação intracraniana [MAN 98].

2.3 Formatos de Arquivos para a Representação de Imagens Estáticas

Como exposto nos conceitos básicos, o formato especifica o layout padrão de armazenamento de arquivos. Nesta seção, o item 2.3.1 apresenta os formatos mais utilizados para imagens estáticas em geral, e o item 2.3.2 apresenta dois formatos desenvolvidos especialmente para imagens médicas.

2.3.1 Formatos para a Representação de Imagens Estáticas de Uso Genérico

Existem vários formatos de arquivos para imagens estáticas dentre os quais os mais conhecidos e utilizados estão descritos a seguir.

2.3.1.1 JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

Padrão desenvolvido pelo *Joint Photographic Experts Group* para compressão de imagens estáticas, armazena todos os *pixels* através de um método de compressão com perda, significando que sempre que a imagem é gravada nesse formato perde-se alguma informação. O tamanho do arquivo JPEG resultante é muito pequeno, porém os dados que contém são sempre uma aproximação da imagem original. JFIF (JPEG File Interchange Format) é um formato de armazenamento de arquivo para imagens comprimidas com o algoritmo JPEG [GAR 99].

2.3.1.2 GIF (*Graphics Interchange Format*)

Formato criado pela CompuServe, armazena imagens usando codificação indexada, onde cada *pixel* é representado por um índice de inteiros dentro da paleta de cores. O tamanho da paleta é limitado a 256 cores, fazendo com que o GIF seja mais adequado para imagens que não contenham muitas gradações finas de cores. O GIF usa uma técnica de compressão com pouca perda que pode resultar em arquivos pequenos [GAR 99].

2.3.1.3 BMP (*Microsoft Windows Bitmap*)

Formato criado pela Microsoft, suporta até 24 bits para cor, e as imagens são freqüentemente armazenadas sem compressão, resultando em arquivos de tamanho grande [GAR 99].

2.3.1.4 TIFF (*Tag Image File Format*)

Desenvolvido em 1986 pela *Aldus Corporation*, que atualmente faz parte da *Adobe Software*. Este formato suporta 24 *bits* para cor e a imagem pode ser comprimida com algoritmos como: LZW, CCITT ou JPEG [GAR 99].

2.3.1.5 PNG (*Portable Network Graphics*)

O formato PNG é uma evolução do formato GIF desenvolvido pelo comitê da Internet, e endossado formalmente como padrão pelo W3C (*World Wide Web Consortium*) em 1997. Imagens PNG mapeadas em cores tendem a ser 20 - 30% menores do que GIFs.

Um arquivo PNG pode armazenar texto no cabeçalho do arquivo imagem e palavras chaves são usadas para indicar o que cada *string* representa, que é uma forma de armazenar metadados. No cabeçalho da imagem estão armazenadas informações de largura, altura, tamanho em *bits*, tipo de cor, método de compressão, método de filtragem e método de interlace. Outros tipos de informação são colocados em pedaços separados, e a informação textual é armazenada no pedaço padrão texto (tEXt) com palavras-chave adequadas [GAR 99].

2.3.1.6 SPIFF (*Still Picture Interchange File Format*)

Formato de arquivo *bitmap* genérico definido pela ITU (*International telecommunication Union*) e ISO/IEC (*International Standards Organization/International Electrotechnical Commission*) para armazenamento imagens em tons de cinzas e cores. Este formato veio substituir oficialmente o formato de arquivo JFIF (*JPEG File Interchange Format*) para armazenamento de dados JPEG.

Assim como o PNG, arquivos SPIFF são compostos de seções para armazenamentos de metadados, são elas: cabeçalho (tamanho do cabeçalho, identificador, versão, perfil da aplicação, número de componentes de cores, espaço de cor e outros), diretório de informações (referências para informações armazenadas dentro do arquivo SPIFF), e dados da imagem [GAR 99].

2.3.2 Formatos para a Representação de Imagens Médicas Estáticas

Como mencionado no início deste trabalho, a abrangência do domínio de aplicação de imagens digitalizadas é muito grande. E, por sua vez, cada domínio de aplicação possui suas próprias características e necessidades. Nesse sentido, esta seção introduz alguns conceitos específicos de imagens médicas, e apresenta dois formatos de arquivos desenvolvidos especialmente para a área médica.

A imagem médica tem como finalidade auxiliar no diagnóstico médico. Assim, uma imagem médica sempre pertence a uma investigação clínica realizada em um paciente, e esta investigação, no meio médico, é chamada de estudo.

O estudo é uma coleção de uma, ou mais séries, de imagens médicas a fim de diagnosticar o paciente. Um estudo pode incluir imagens que estão relacionadas por uma única modalidade (CT ou raios X ou MR), ou por múltiplas modalidades (CT e MR) [DIC 99c].

Por sua vez, a série agrupa imagens de um mesmo estudo que foram obtidas de uma mesma modalidade e sob as mesmas condições [DIC 99c]. Por exemplo, série 1 - imagens de CT do crânio obtidas de cima para baixo e sem contraste, série 2 - imagens de CT de crânio obtidas de baixo para cima e com contraste, ou ainda, série 3 - imagens de MR de crânio com contraste.

Visando exemplificar melhor os conceitos apresentados anteriormente, a figura 2.4 mostra um estudo realizado na coluna vertebral de um paciente através de um CT obtendo duas séries de imagens.

Além de conceitos específicos da área médica, tais como paciente, modalidade, estudo e série, existem outros conceitos relacionados a imagens médicas tais como patologias, laudos, diagnóstico final, suspeitas iniciais, e outras informações associadas à imagem que precisam ser consideradas como informações da imagem. Desta forma, um

formato de arquivo que vise armazenar imagens médicas deve considerar estas informações em seu *layout*.

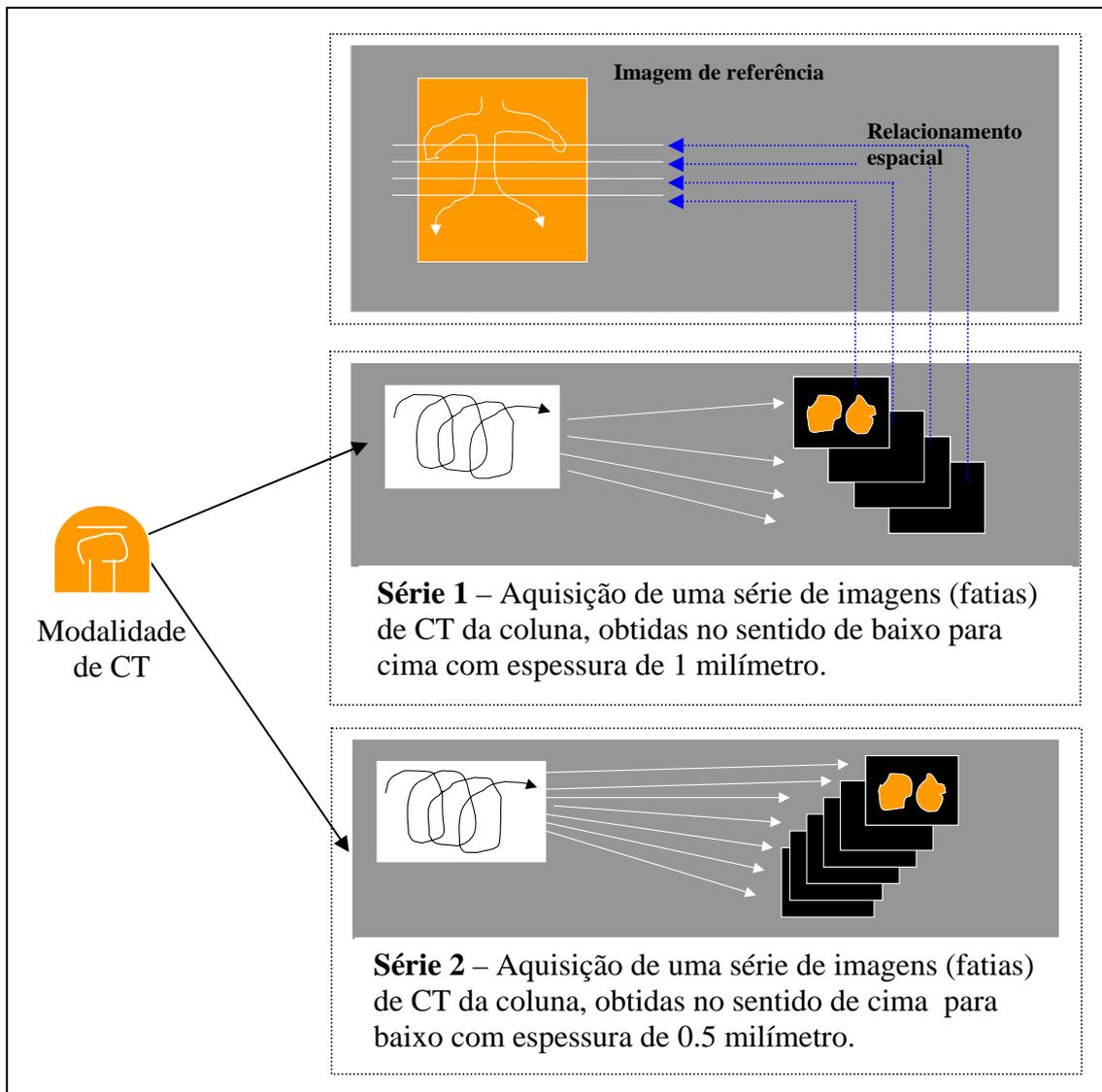


FIGURA 2.4- Exemplo do mapeamento de séries em um CT [DIC 97]

Nos anos 1970, com o uso crescente de computadores em aplicações médicas, o *American College of Radiology* (ACR) e a *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) reconheceram a necessidade de um método padrão para transferir imagens digitais e informações associadas a estas imagens entre dispositivos de diferentes fabricantes. Em 1983 o *American College of Radiology* e a *National Electrical Manufacturers Association* formaram um comitê (comitê ACR-NEMA) para desenvolver um padrão com as seguintes finalidades: interoperabilidade entre os diferentes dispositivos, interoperabilidade entre os diferentes sistemas de computadores, interface entre os dispositivos de imagens com a rede, e permitir a criação de bancos de dados com informações de diagnósticos [HOR 00].

Entre as muitas contribuições alcançadas pelo ACR-NEMA, destaca-se um dicionário de dados que documenta todas as informações técnicas da imagem, bem como as informações associadas à imagem. A documentação destas informações envolve um identificador único para cada tipo de informação denominado *Tag*, a

descrição da informação, o valor de referência de cada informação (tipo de dado) e o valor de multiplicidade. A tabela abaixo visa exemplificar parte deste dicionário de dados, e mostrar como ele está organizado.

TABELA 2.3 – Exemplo da organização do dicionário de dados do ACR-NEMA

TAG Grupo Elemento	Descrição	VR	VM
(0008 0070)	Fabricante do equipamento	LO - long string	1
(0008 0080)	Nome da Instituição	LO	1
(0008 0020)	Data do estudo	DA - date 8 bytes	1
(0008 0030)	Hora do estudo	TM - time 16 bytes	1
(0008 0061)	Modalidades do estudo (CT, MR,...)	CS - code string 16 bytes	1-n
(0008 0021)	Data da série	DA	1
(0008 0060)	Modalidade da série (CT, MR,...)	CS	1
(0010 0010)	Nome do paciente	PN - person name 64 caracteres max.	1
(0010 0020)	Identificação do paciente	LO	1
(0010 0030)	Data de nascimento do paciente	DA	1
(0018 0015)	Parte do corpo examinada	CS	1
(0028 0002)	Exemplos por <i>pixel</i>	US - unsigned short 2 bytes	1
(0028 0010)	Número de linhas da matriz imagem	US	1

Este dicionário é bem abrangente, aproximadamente 1500 informações registradas, está em contínua atualização, e é uma forma de padronizar o uso dos metadados das imagens médicas. Para obter mais detalhes sobre o dicionário atual do ACR-NEMA o leitor deve consultar [DIC 99f].

A seguir, são apresentados dois formatos de arquivos que estão baseados nas recomendações formuladas pelo comitê ACR-NEMA, e que possuem características importantes para este estudo.

2.3.2.1 PAPHYRUS

A primeira versão do formato PAPHYRUS foi criada em 1990 pela Unidade de Imagens Digitais do Hospital Universitário de Geneva. Este formato foi baseado no dicionário de dados e na estrutura de dados padrão do ACR/NEMA 2.0, e permaneceu independente de qualquer método de comunicação usado para transferir as imagens e de qualquer estrutura de banco de dados usada para gerenciar as imagens. O formato PAPHYRUS foi estendido e adotado por vários projetos europeus de imagens digitais e teleradiologia [PAP 00].

A próxima figura mostra a estrutura lógica do formato de arquivo PAPHYRUS.

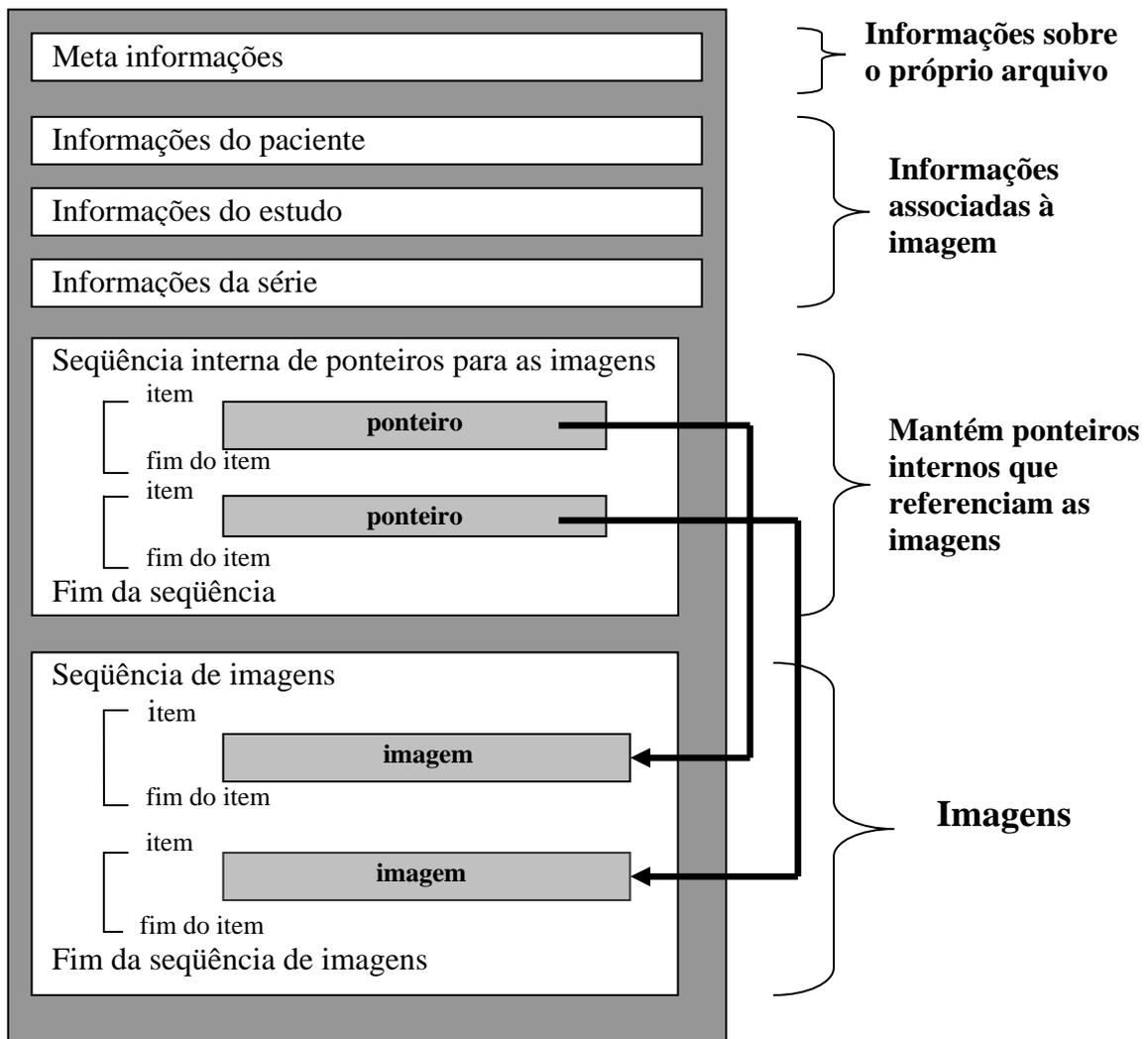


FIGURA 2.5 – Estrutura lógica do formato PYPYRUS [PAP 00]

A base do modelo do formato PYPYRUS define dois perfis de armazenamento, são eles: *Papyrus-file* que armazena as imagens de uma mesma série em um único objeto (Fig 2.5) e *Papyrus-folder* que consiste em uma pasta para referenciar arquivos que estão separados, como por exemplo: referenciar imagens de um mesmo estudo que estão armazenadas em *Papyrus-file* separados [HOE 96].

A estrutura do formato PYPYRUS permite armazenar várias imagens num mesmo arquivo e, com a finalidade de acelerar a recuperação das mesmas, define ponteiros para estas imagens. Nesta estrutura, as meta informações contêm dados sobre o próprio arquivo. As informações do paciente, do estudo e da série são informações associadas à imagem (metadados) com o objetivo de facilitar a recuperação das imagens. A seqüência de ponteiros internos contém itens com a identificação de cada imagem e um ponteiro para a imagem. Por sua vez, a seqüência de imagens é estruturada em itens e cada item contém uma imagem (conjunto de pixels) [PAP 00].

O formato PYPYRUS mantém compatibilidade com o formato DICOM. Neste caso, as imagens que estão dentro de um *Papyrus-file* podem estar no formato DICOM, e as informações do paciente, estudo e série estarão duplicadas (cabeçalho do *Papyrus-file* e na imagem no formato DICOM).

2.3.2.2 DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*)

O DICOM é uma evolução das versões 1.0 e 2.0 do ACR/NEMA. Este formato veio satisfazer a solicitação de interconectividade de dispositivos em redes de fabricantes, e de usuários de equipamentos de imagens médicas.

Ao contrário das versões iniciais do ACR/NEMA, o DICOM é baseado em modelos explícitos e detalhados de como os “objetos” envolvidos em operações de radiologia são descritos (paciente, imagem, laudos, etc.), e como eles estão relacionados. Este modelo é chamado de entidade-relacionamento (ou modelo E-R) e será descrito com mais detalhe na seção 3.3.

O DICOM incluiu novas especializações em relação as versões prévias do padrão, são elas:

- O padrão é aplicado para o ambiente de rede.
- O padrão especifica os níveis aceitáveis de conformidade;
- O padrão especifica o protocolo de comunicação em rede para implementações que tenham conformidade com o DICOM;
- O padrão introduz explicitamente objetos de informação para imagens, gráficos, estudos, laudos e outros, que estão detalhados na seção 3.3;
- O padrão especifica uma técnica para identificação única de qualquer Informação de Objeto. Esta técnica é a introdução da codificação de TAGs no dicionário de dados, exemplificado na tabela 2.2;
- O padrão é estruturado como um documento em múltiplas partes. Isto facilita a evolução do padrão por simplificar a adição de características novas.

Inicialmente, o padrão DICOM foi composto de 9 partes, descritas a seguir:

Parte 1 – Introdução e uma visão geral do padrão DICOM - Nesta seção são descritos os princípios do projeto, são definidos os termos usados no padrão, e é dada uma breve visão sobre as partes iniciais do DICOM, partes de 2 a 9 [DIC 99a].

Parte 2 – Conformidade - O DICOM descreve explicitamente como um implementador ou fabricante de equipamentos médicos deve estruturar uma Declaração de Conformidade para operar com o padrão DICOM [DIC 99b].

Parte 3 – Definição dos objetos de informação - Descreve como os objetos de informação são definidos, ou seja, define as classes do objeto de informação usadas no DICOM [DIC 99c]. Este item está detalhado na seção 3.3.

Parte 4 – Especificações das classes de serviço – O padrão DICOM define as características compartilhadas por todas as classes de serviço, e como está estruturada a declaração de conformidade para cada classe de serviço individualmente. Os serviços são operações executadas nos objetos de informação [DIC 99d].

Parte 5 – Estrutura e codificação do dado - A função principal desta parte do padrão pode ser entendida como sendo a linguagem que os dispositivos utilizam para trocar informações [HOR 00].

Nesta parte do padrão é especificada a estrutura e a codificação de um Grupo de Dados. No contexto da comunicação das entidades de aplicação na rede, um Grupo de Dados é a porção de uma mensagem DICOM que transporta informações sobre os

objetos. Um Grupo de Dados é composto de elementos de dados. Estes elementos de dados, por sua vez, contêm a codificação dos valores dos atributos do objeto [DIC 99e].

Grupo de Dados

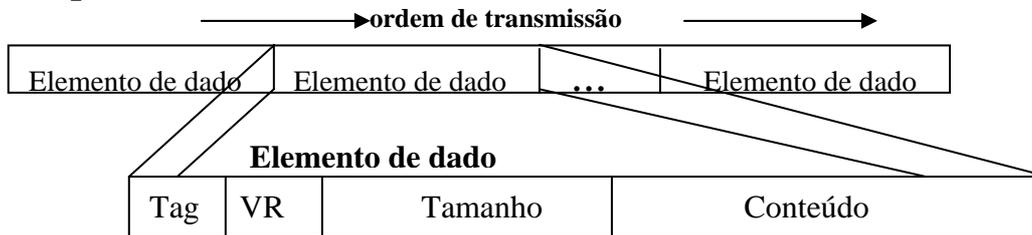


FIGURA 2.6 – Estrutura do grupo de dados e do elemento de dado do DICOM [DIC 99e]

Tag – é uma etiqueta de identificação. É um par ordenado de 16 bits que representa o grupo e o elemento de dado.

VR – é um string de 2 *bytes* que representa o tipo do elemento de dado. Esta informação é opcional. Exemplo “DA”- para data, “DS”- para *decimal string* e “LO”- para *long string*.

Tamanho – é um valor inteiro de 16 ou 32 bits contendo o tamanho do campo “Conteúdo”. Se o campo “VR” está explícito, o tamanho está armazenado em 16 bits. Caso contrário, esta informação está armazenada em 32 bits.

Se o atributo “Tamanho” for indefinido, isto é, igual a “FFFF FFFF” em hexadecimal, o elemento de dado contém um delimitador após o campo “Conteúdo”. Este delimitador está preenchido com o valor “FFFE E0DD” em hexadecimal [DIC 99e].

Conteúdo – é o conteúdo do elemento de dado.

Parte 6 – Dicionário de dados - O DICOM, nesta parte do padrão, registra todos os elementos de dados e todos os identificadores únicos que são usados no DICOM.

O dicionário de dados contém um índice por *Tag* (etiqueta de identificação) de todas as informações. Este índice inclui o nome do elemento de dado, o valor de representação e o valor de multiplicidade. A *Tag* é um identificador único para um elemento de informação composto de um par de números (o número do grupo seguido do número do elemento), que são usados para identificar os atributos correspondentes aos elementos de dados [DIC 99f]. O par de números que identifica a *Tag* é formado pelo número do grupo (ex: grupo=0010 informações do paciente, grupo=0020 informações do estudo) e pelo número do elemento do grupo (ex: grupo=0010 e elemento=0040 sexo do paciente, grupo=0020 e elemento=0010 identificação do estudo).

Um exemplo deste dicionário de dados pode ser visto na tabela 2.3.

Parte 7 – Troca de mensagens - O padrão DICOM especifica o serviço e o protocolo usado pelas aplicações para trocarem mensagens [DIC 99g].

O DICOM define, nesta parte, o que é necessário para as aplicações interagirem com ele. No DICOM, uma mensagem consiste de um comando *stream* (definidos na parte 4 do DICOM) e um dado *stream* (o objeto de informação, codificado de acordo com a parte 5 do DICOM) [HOR 00].

A próxima figura mostra a estrutura da mensagem do DICOM.

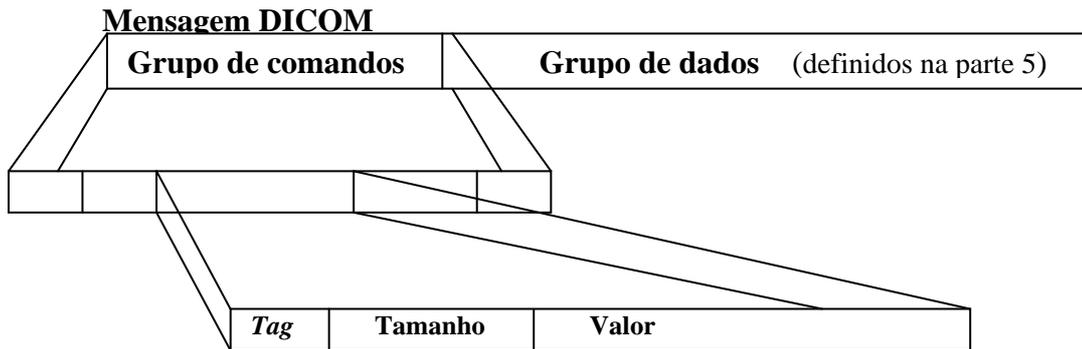


FIGURA 2.7 – Estrutura da mensagem DICOM [DIC 99g]

Parte 8 – Suporte de comunicação para troca de mensagens na rede - Nesta seção do DICOM são descritos os serviços de comunicação e os protocolos da camada superior necessários para suportar, no ambiente de rede, a comunicação entre aplicações DICOM. Estes serviços de comunicação e os protocolos asseguram que a comunicação entre as entidades de aplicação DICOM ocorra com eficiência, e de maneira coordenada pela rede. O DICOM versão 3.0 suporta operações num ambiente de rede usando os protocolos de rede OSI (*Open Systems Interconnection*) e TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) [DIC 99h].

Parte 9 – Suporte para a comunicação ponto a ponto para troca de mensagens - Nesta seção são especificados os protocolos usados na comunicação ponto a ponto. As primeiras versões do padrão ACR-NEMA definiram uma interface paralela de dados de alta velocidade. Existem algumas aplicações, ligadas a equipamentos mais antigos, que fazem uso destas versões. Por esta razão, este protocolo antigo (ponto a ponto), foi mantido no DICOM [HOR 00].

A figura 2.8 mostra o relacionamento entre as partes iniciais do padrão DICOM.

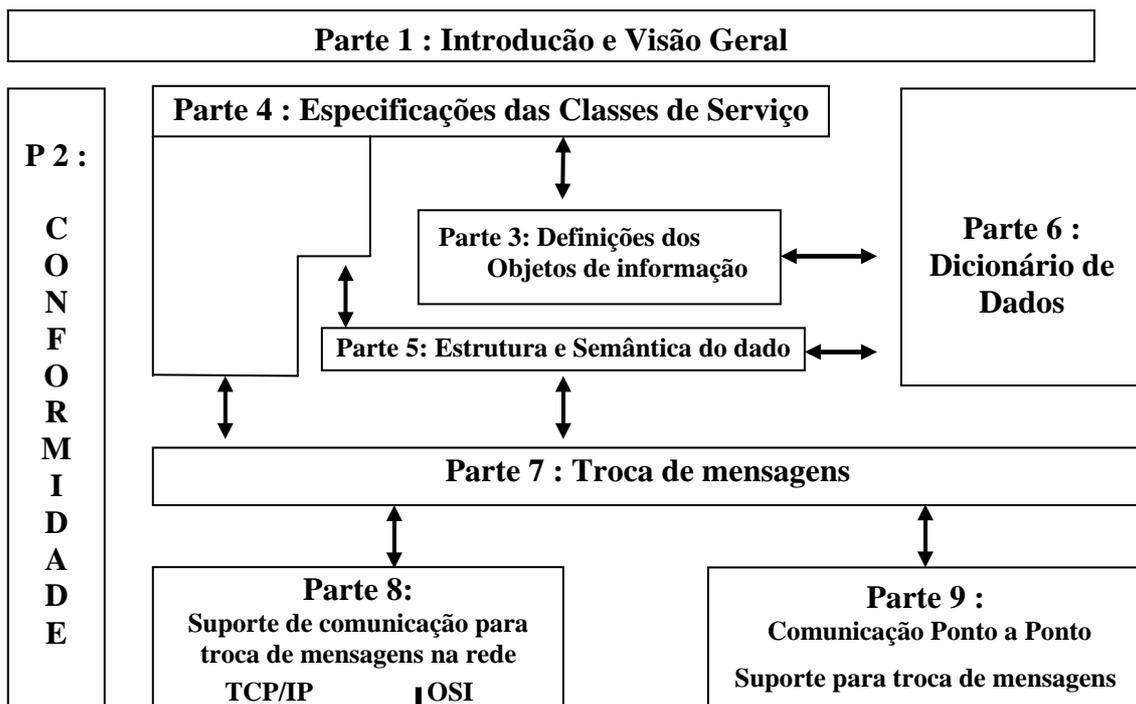


FIGURA 2.8 – Relacionamento das partes de 1 a 9 do padrão DICOM [DIC 99a]

Com o uso do padrão por diversos fabricantes, e com a demonstração da qualidade do padrão no suporte efetivo para interoperabilidade, novas soluções foram solicitadas aos membros da ACR-NEMA [HOR 00].

Um dos novos problemas apresentados foi a necessidade de armazenar a informação em alguma forma de mídia removível. Isto é necessário porque algumas aplicações não estão na rede, e sim em equipamentos *stand alone*. Para satisfazer esta necessidade, o grupo de trabalho da ACR-NEMA, responsável por desenvolver padrões de armazenamento em mídias, foi reativado. Este grupo de trabalho produziu a **parte 10** do DICOM que descreve o **armazenamento de mídias e formatos de arquivos para mídias**. Esta parte descreve um arquivo genérico e a estrutura de diretórios, e especifica um serviço básico para gerar arquivos do DICOM.

O formato do arquivo descreve como colocar um grupo de dados DICOM dentro de um arquivo. O formato de arquivo inclui uma área chamada de “Preâmbulo do Arquivo” que está localizada no início do arquivo. Esta área foi criada para manter a compatibilidade com serviços de arquivo não DICOM. Conseqüentemente, um arquivo DICOM, se lido por um leitor de arquivo DICOM, o “Preâmbulo do Arquivo” é ignorado, e o resto do arquivo lido como um arquivo DICOM. Se lido por um leitor de arquivos não DICOM, o leitor poderá enxergar o “Preâmbulo do Arquivo” como um ponteiro para informação de como ler o arquivo DICOM em sua própria estrutura de arquivo. A seguir é apresentada estrutura lógica do formato DICOM para mídia removível.

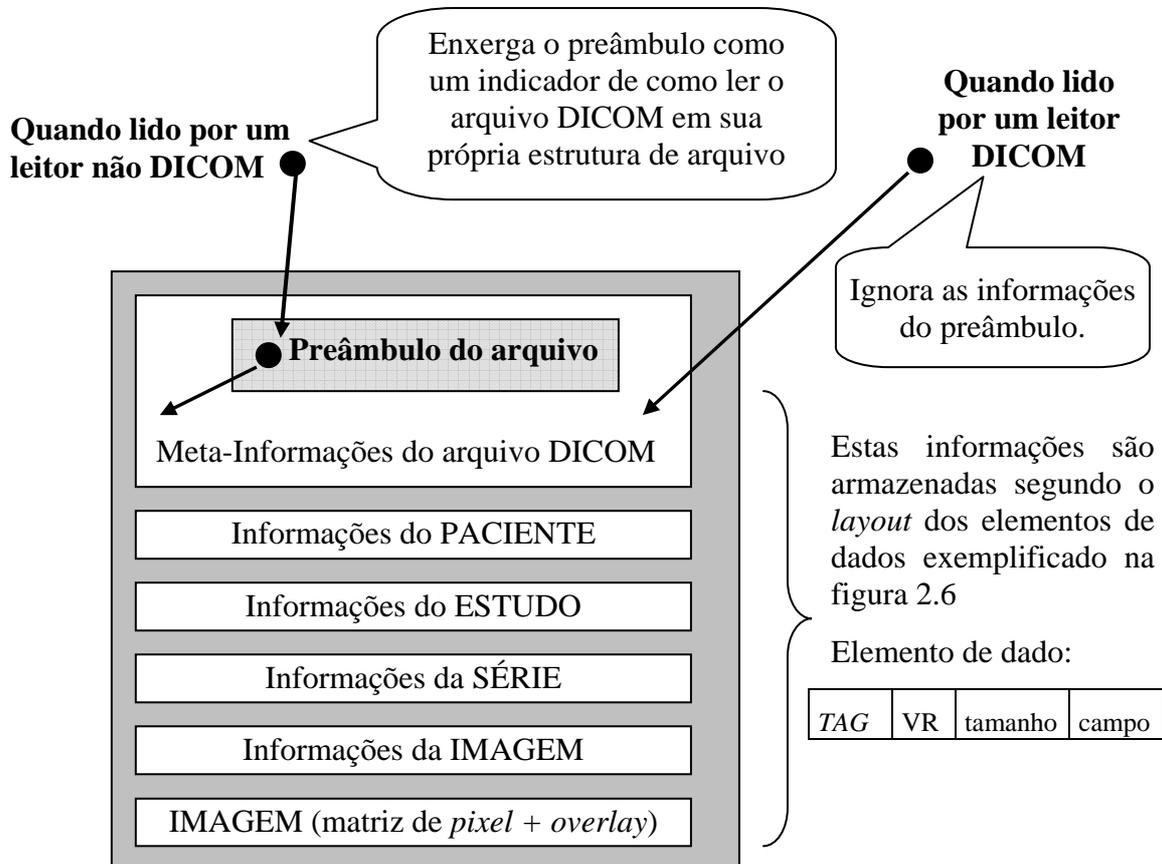


FIGURA 2.9 – Estrutura lógica do formato DICOM para mídia removível

Os dados da imagem (*pixel*) são codificados num elemento de dados com a *Tag* (7FE0 0010). Nas informações da imagem encontra-se a identificação do formato com que os *pixels* são armazenados e esta identificação é feita através das seguintes *Tags* [DIC 99e]:

- (0028 0100) – *Bits allocated* – tamanho em bits alocados para cada *pixel*;
- (0028 0101) – *Bits stored* – define a quantidade dos bits utilizados para representar o valor (intensidade) do *pixel*;
- (0028 0102) – *High bit* – identifica a posição do bit mais alto entre os bits alocados.

Exemplo:

(0028 0100) = 16 *bits* (2 *bytes*);

(0028 0101) = 12 *bits*;

(0028 0102) = 11.

Os dados anteriores informam que um *pixel* da imagem estará codificado da seguinte forma:

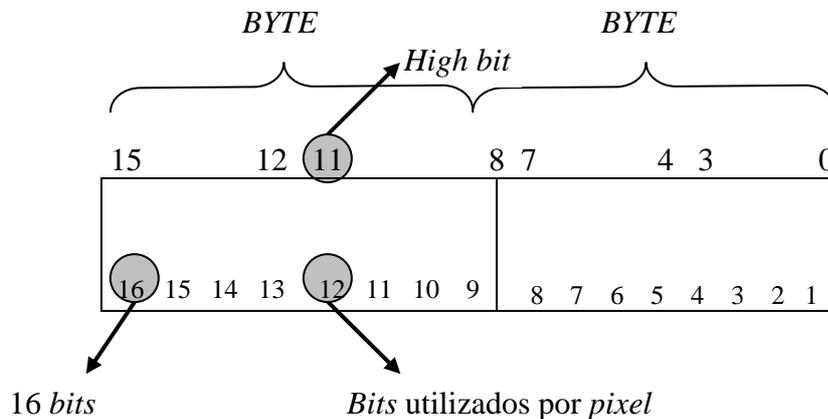


FIGURA 2.10 – Exemplo da estrutura do *pixel* da imagem no formato DICOM [DIC 99e]

Do *bit* de posição zero até o *bit* de posição décimo primeiro estará codificado a intensidade do *pixel*. Os restantes dos bits (*bit* de posição décimo segundo até o *bit* de posição décimo quinto) podem ser usados para armazenar informações do *overlay* (anotações sobrepostas a imagem). A codificação do *overlay* está exemplificada na seção 4.4.3 (alternativas para extração de dados anotados na imagem).

Os dados em *pixel* da imagem podem estar no formato nativo (sem compressão), ou no formato comprimido. Para a compressão dos dados da imagem, o DICOM permite os seguintes esquemas de compressão:

- JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) *Image Compression* – O padrão JPEG especifica o processo de compressão com perdas (*lossy*) e sem perdas (*lossless*). Para o processo de compressão sem perdas é usado o processo 14 do JPEG (DPCM – *Differential Pulse Code Modulation*, não hierárquico com a codificação de Huffman). Para o processo de compressão com perda para 8 *bits* é usado o processo 1 do JPEG. Para o processo de compressão com perda para 12 *bits* é usado o processo 4 do JPEG. Para maiores detalhes dos esquemas de compressão o leitor poderá consultar a seção 8 e o anexo F do DICOM [DIC 99e].

- RLE (*Run Length Encoding*) *Compression* – O padrão RLE especifica um processo de compressão sem perdas (*lossless*). Para maiores detalhes deste esquema de compressão o leitor poderá consultar o anexo G do DICOM [DIC 99e].

A ordem da seqüência dos *bytes* nos *pixels* é outra informação fornecida. Esta informação está codificada nas Meta-Informações do arquivo DICOM com a *Tag* (0002 0010) “*Transfer Syntax*”. A ordem de seqüência dos *bytes* pode ser *Little Endian* ou *Big Endian*. Na ordem de seqüência *Little Endian* (*default* do DICOM), o *byte* menos significativo na seqüência é armazenado primeiro. Por exemplo, o valor em hexadecimal 4F52 que ocupa dois *bytes* seria armazenado 524F. Na ordem de seqüência *Big Endian* o *byte* mais significativo na seqüência é armazenado primeiro. Por exemplo, o valor em hexadecimal 4F52 é armazenado da mesma forma 4F52.

Com o objetivo de atender novas solicitações e resolver problemas que surgem com o uso do padrão, o desenvolvimento do DICOM é constante. Desta forma, anexos são acrescentados as partes já existentes e também, novas partes são desenvolvidas no padrão. Além do desenvolvimento da parte **10- armazenamento de mídias e formatos de arquivos para troca de mídias** [DIC 99i] foram desenvolvidas as partes **11- perfil de aplicação para armazenamento em mídia** [DIC 99j], **12 - formato de mídia e meio físico para troca de mídias** [DIC 99l], **13 – suporte a comunicação de impressão ponto a ponto**[DIC 99m] e parte **14 – padrão de exibição na escala de cinzas** [DIC 99n].

2.3.3 Comparação dos Formatos de Arquivos de Imagens Estáticas

Embora os formatos apresentados na seção 2.3.1 sejam formatos desenvolvidos para imagens de uso genérico, estes formatos não possuem, em sua maioria, qualquer preocupação em armazenar metadados das imagens. Por outro lado, os formatos PNG e SPIF evoluíram de outros formatos e acrescentaram em sua estrutura a possibilidade de inclusão de alguns metadados com informações técnicas da imagem e, permitem ao usuário criar novos tipos de cabeçalho. Esta possibilidade de criar novos tipos de dados talvez facilite a criação de metadados com informações associadas à imagem, mas estes novos dados não são padronizados, conseqüentemente, dificultam a interoperabilidade de sistemas e de equipamentos de imagens médicas.

O formato de arquivos POPYRUS foi projetado como uma solução prática para a comunicação e armazenamento de imagens médicas, numa época em que as versões 1.0 e 2.0 do ACR-NEMA eram consideradas inadequadas e de difícil implementação. O sucesso deste formato deve-se a distribuição de um pacote de rotinas em “C” para leitura e escrita dos dados neste formato. Estas rotinas facilitaram a implementações de soluções com imagens médicas neste formato, em diferentes plataformas de hardware [PAP 00].

Mas este formato possui algumas restrições, tais como o agrupamento de imagens de uma mesma série em um mesmo arquivo, e não provê uma especificação para o formato de armazenamento em mídia, isto requer um acordo local entre os sistemas de comunicação. E por fim, o formato de arquivo POPYRUS não é reconhecido como um padrão para as imagens médicas, conseqüentemente, não mantém compatibilidade com muitos *softwares* existentes [PAP 00].

Segundo o Departamento de Radiologia da Universidade de Medicina do Estado da Pensilvânia [HOR 00]: “O DICOM é o projeto de padrões de imagens médicas mais

ambicioso empreendido pela indústria e pelas sociedades de profissionais. É um padrão complexo por causa da abrangência de seu conteúdo, mas é implementável e útil. O padrão oferece o equilíbrio entre o objetivo pragmático de implementar rapidamente suporte a produtos atuais, e uma base modular sólida para evoluir e para responder a futuras necessidades”.

O DICOM foi desenvolvido com a idéia de extensão e expansão, e isso já está acontecendo. Outro aspecto importante com relação ao DICOM, é que ele é reconhecido como um formato padrão para imagens médicas por fornecedores e desenvolvedores de *software*.

Por estas razões, este estudo considera o formato DICOM no desenvolvimento do modelo de metadados para o armazenamento de imagens médicas.

2.4 Algumas Ferramentas para o Processamento e a Visualização de Imagens no Formato DICOM

O termo processamento de imagens digitais geralmente refere-se ao processamento de uma imagem, que na verdade nada mais é do que uma matriz. Esta área teve início em meados da década de 60, com motivação criada pelos programas espaciais da NASA, nos Estados Unidos. O aumento da capacidade de memória e velocidade dos computadores contribuiu para dar impulso à nova tecnologia, que passou a ser aplicada em outras áreas, tais como: medicina, microscopia, ótica ou eletrônica, transmissão digital de sinais de televisão e em sensores visuais de robôs [MAN 98].

A área de processamento de imagens consiste em desenvolver técnicas para, por exemplo, acentuar ou suprimir certas características das imagens. Sua meta consiste em realizar procedimentos tais como a remoção de distorções, a melhoria da qualidade das imagens, e comparar entidades específicas com padrões previamente armazenados.

Nesta seção é feita uma breve descrição do processamento e da análise de imagens médicas. Inicialmente o assunto é introduzido, e na seqüência são apresentadas algumas ferramentas de processamento de imagens médicas que processam imagens no formato DICOM.

2.4.1 Aplicação do Processamento e Visualização de Imagens Médicas

Na medicina, as imagens são requisitadas pelos médicos para confirmar, ou não, as suspeitas de doenças específicas. As imagens são usadas para visualizar a estrutura ou função do corpo, e assim determinar quando as características de uma doença estão presentes. Com o uso dos computadores, novas possibilidades para geração e análise de imagens foram criadas, uma vez que as imagens podem ser processadas. Além disso, imagens digitais podem ser manipuladas para exibição ou análise de diferentes maneiras, que não são possíveis com imagens em filmes.

O processamento de imagens médicas, como o entendemos neste trabalho, não enfatiza a interpretação automática das imagens, mas sim com a restauração de imagens com defeitos de aquisição ou transmissão, e com o realce de imagens, para facilitar a interpretação humana. Esta área possui várias subáreas que se dedicam à elaboração de técnicas para, por exemplo, suavizar, restaurar e comprimir imagens, detectar arestas, adicionar cores às imagens monocromáticas, e aumentar ou diminuir o contraste das mesmas. Entre as diversas subáreas pode-se destacar:

- Restauração e melhoria da imagem: refere-se à remoção ou redução das degradações conhecidas em uma imagem. Isto inclui a eliminação de ruído e a correção da distorção geométrica, e dos defeitos da aquisição de imagens. Existem várias maneiras de se reduzir, ou eliminar o ruído das imagens, dentre os quais pode-se destacar a utilização de filtros.
- Análise da imagem: preocupa-se com a elaboração de medidas quantitativas de uma imagem para produzir sua descrição. As técnicas de análise de imagens exigem a extração de certas características que ajudam na identificação de um objeto. Um item importante da análise de imagem é a segmentação. Segmentação de imagens é utilizada para separar objetos ou regiões de interesse, e consiste em uma técnica indispensável quando se está preocupado com a análise semântica de uma imagem, ou seja, com o seu significado. Na medicina, segmentação de imagens tem o objetivo de identificar estruturas como órgãos, osso, tumores, e outros.
- Reconstrução da imagem a partir de projeções: consiste em reconstruir um objeto bi- ou tridimensional a partir de várias projeções unidimensionais. Projeções planares são obtidas através da amostragem do objeto sob vários ângulos diferentes. Algoritmos de reconstrução geram uma imagem para cada fatia axial do objeto, possibilitando uma visão do seu interior. Tais técnicas são importantes para as imagens médicas (equipamentos de CT).

Nas subáreas acima descritas, existem muitas técnicas, ou algoritmos, que são utilizados na área médica para preparar os dados para serem visualizados. Os equipamentos médicos oferecem cada vez mais ferramentas de processamento de imagens em seus sistemas de aquisição de imagens, com o objetivo de facilitar o diagnóstico médico.

As ferramentas de processamento de imagens tornaram-se uma excelente ferramenta para pesquisa médica nas mais diversas áreas [MAN 98]. A seguir, são apresentadas algumas ferramentas de processamento de imagens médicas que processam imagens no formato DICOM.

2.4.2 Osiris

O OSIRIS é um *software* gratuito de visualização, processamento e análise de imagens médicas desenvolvido pelo Hospital Universitário de Geneva. Este *software* foi projetado para processar qualquer modalidade de imagens médicas (MR, CT, raios X, US-ultrassonografia ...) [OSI 99].

Os formatos de arquivos lidos pelo OSIRIS são: POPYRUS (formato nativo), *raw data*, DICOM, TIFF (nas versões para PC/Windows), PICT e SPI (nas versões para Macintosh) [OSI 96].

Visualizador OSÍRIS:

No OSIRIS, as imagens podem ser exibidas de duas formas: *Tile Mode*, onde todas as imagens são exibidas em uma grade, uma ao lado da outra; ou *Stack Mode*, onde as imagens são exibidas uma após a outra. No formato *Stack Mode*, as imagens podem ser exibidas de maneira estática, o usuário controla a exibição da próxima imagem, ou de maneira dinâmica, as imagens são exibidas num *loop* contínuo como num filme. Para obter as imagens a serem exibidas, o usuário pode selecionar um

arquivo (imagem) de um determinado diretório, como mostra a figura abaixo. Com a finalidade de auxiliar na escolha do arquivo, a interface de seleção mostra alguns dados associados à imagem selecionada, tais como o nome do paciente, formato do arquivo dados, dados do estudo, modalidade e outros dados [OSI 96].

A seguir é apresentado um exemplo da interface de seleção do OSIRIS.

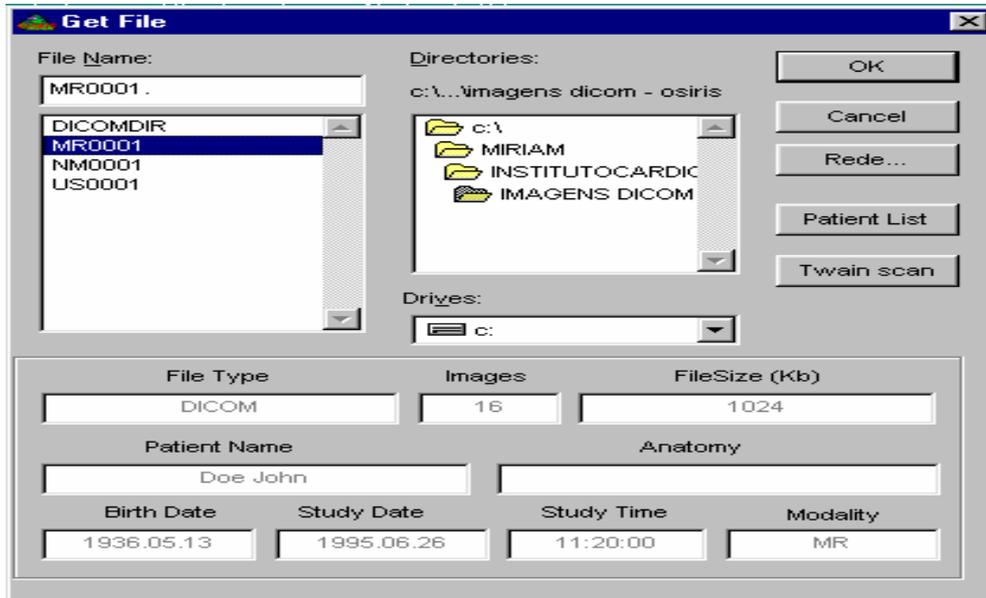


FIGURA 2.11 – Interface para seleção de uma imagem no OSIRIS

Outra maneira de obter a imagem a ser exibida é através de uma lista de paciente. Nesta opção, os arquivos de imagem, selecionados previamente de um determinado diretório, são mostrados numa lista com o nome do paciente, número do estudo, séries, e todas as imagens (em formas de ícones) associadas ao paciente selecionado.

A seguir é apresentada a interface de seleção de imagens da lista de paciente do OSIRIS.

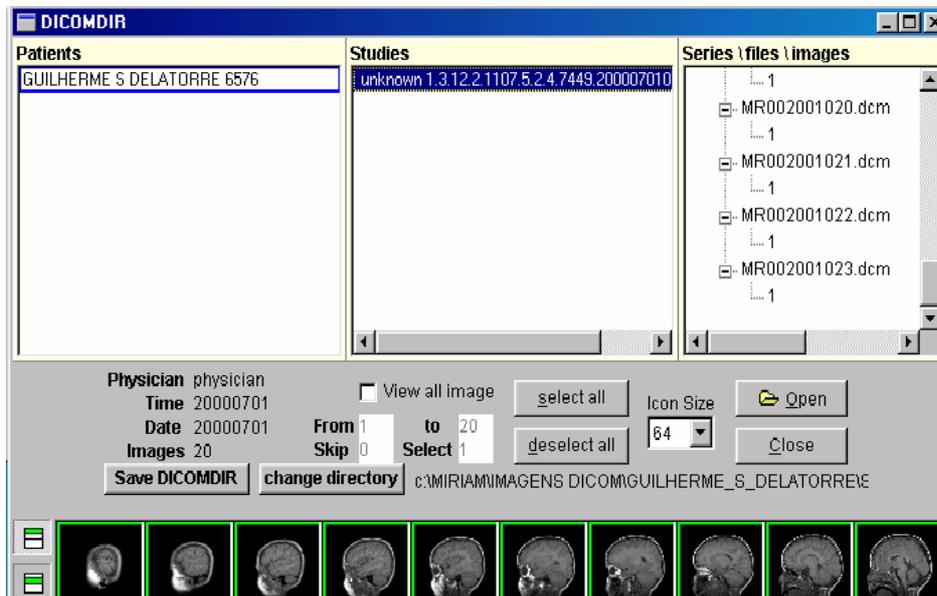


FIGURA 2.12 – Interface de seleção de uma imagem na lista de pacientes do OSIRIS

Após a seleção da imagem, o *software* mostra a imagem na interface principal do visualizador de imagens do OSIRIS, conforme figura abaixo.



FIGURA 2.13 – Interface principal do visualizador de imagens do OSIRIS

Interfaces secundárias do visualizador são usadas para mostrar alguns dados associados à imagem, como os dados do paciente, do estudo, dados técnicos da imagem, e dados sobre as informações inseridas na imagem. A próxima figura exemplifica as interfaces do visualizador.

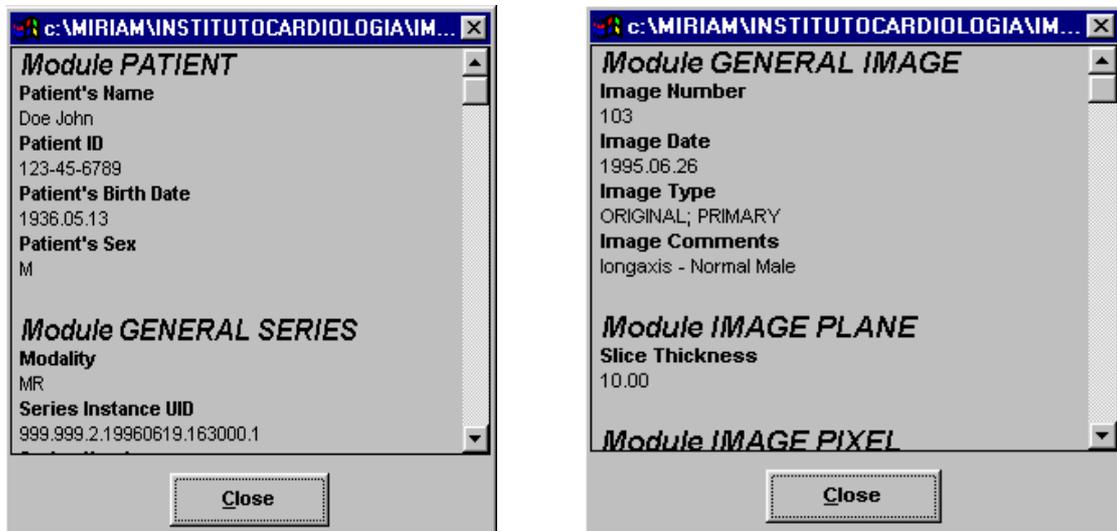


FIGURA 2.14 – Interfaces secundárias do visualizador OSIRIS

Além de permitir a visualização da imagem, a interface principal do visualizador permite o processamento e análise da imagem.

Processamento e Análise da Imagem:

O processamento básico do OSIRIS tem funcionalidades como aumentar e diminuir o tamanho da imagem (zoom), inversão temporária de cores, ajuste de cores (contraste e intensidade), inversão da posição da imagem (direita para esquerda ou de cima para baixo), e rotação.

A interface principal do visualizador possui um menu de processamento com ferramentas de uso geral que permite ao usuário incluir seus próprios filtros. Esta interface também possui ferramentas de análise clínica de imagens, tais como: *Multiplanar Section* (permite a reconstrução da imagem), *Ejection Fraction* (cálculos semi-automáticos com relação ao ventrículo esquerdo), *Histogram Equalization* (aplica um algoritmo de equalização – *CLAHE Applies a Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Algorithm*), e Segmentação (divide a imagem em regiões com determinados significados para o usuário) [OSI 96].

Outro menu de processamento de imagem presente na interface principal do visualizador OSIRIS é o menu *Tool*. Através das ferramentas deste menu, o *software* permite que o usuário extraia algumas medidas da imagem. Como exemplo destas medidas, o usuário pode traçar uma linha para obter medidas de distância e ângulos. E estas medidas podem ser armazenadas em um arquivo texto (.txt), juntamente com as coordenadas e intensidade dos *pixels* correspondentes, ver figura 2.15. A ferramenta também permite ao usuário fazer anotações na imagem e selecionar regiões de interesse (ROI) na mesma. O *software* possibilita o cálculo de estatísticas e a construção de histograma, para a região selecionada sobre a imagem com formato fechado, isto é, círculo, elipse, retângulo e polígonos. Os dados estatísticos calculados para cada região são os que seguem: Min (menor valor do *pixel* dentro do ROI), Max (maior valor do *pixel* dentro do ROI), Mean (valor médio dos *pixels* dentro do ROI), StdDev (desvio padrão do valor médio calculado), Área (valor do cálculo da área do ROI em mm²), e Sum (somatório dos valores dos *pixels*). Com o valor da intensidade dos *bytes* da região é possível saber qual o tipo de tecido que compõe a região, isto é, líquido, cartilagem, osso, músculo ou outros. Os dados estatísticos calculados sobre ROIs podem ser armazenados em um arquivo texto (.txt), juntamente com as intensidades dos *pixels* que estão dentro do ROI, ver figura 2.16. As informações acrescentadas na imagem poderão ser salvas no formato PYPYRUS [OSI 96].

A seguir são apresentados exemplos de imagens com extração de medias de distância e estatísticas calculadas para as regiões de interesse.

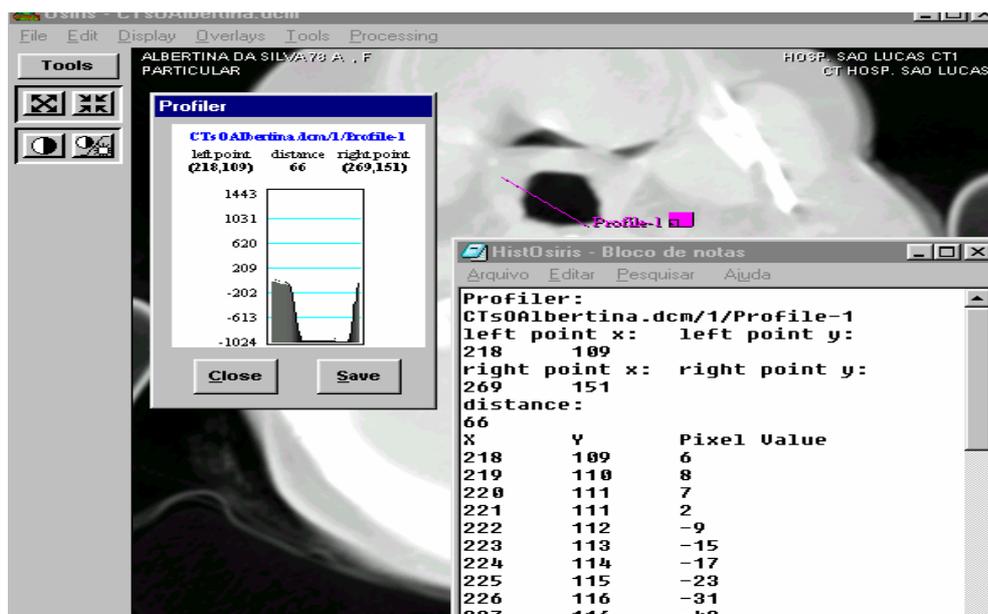


FIGURA 2.15 – Visualizador OSIRIS exibindo imagem, informações da reta traçada sobre a imagem, e as informações gravadas no arquivo texto

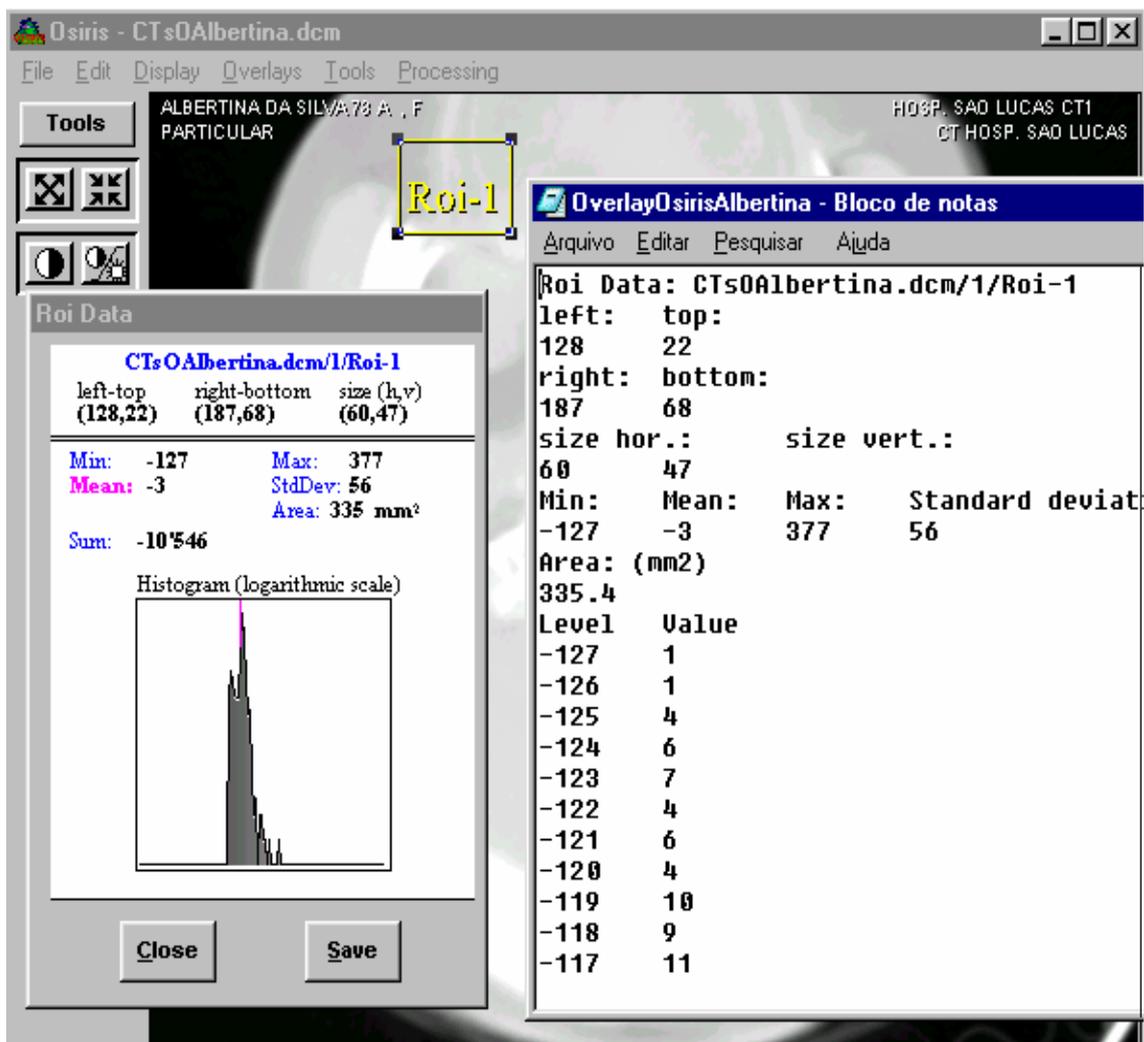


FIGURA 2.16 – Visualizador OSIRIS exibindo imagem, informações da região de interesse, e as informações gravadas no arquivo texto

É importante salientar que o OSIRIS é um *software* distribuído gratuitamente e seus programas fontes (codificados na linguagem “C”) podem ser comprados e estendidos.

2.4.3 Efilm

O EFILM é um aplicativo gratuito de visualização e manipulação de imagens médicas desenvolvido pelo Departamento de Imagens Médicas da *University Health Network and Mount Sinai Hospital*, em Toronto no Canadá. Este *software* trabalha somente com imagens no formato DICOM, e foi projetado para processar qualquer modalidade de imagens médicas (MR, CT, raios X, US...) [EFI 01].

Visualizador EFILM:

No EFILM as imagens a serem exibidas podem ser selecionadas diretamente no diretório que estão armazenadas, ou através de uma pesquisa no banco de dados mantido pelo EFILM. O *software* EFILM extrai algumas informações das imagens DICOM que estão na estação de trabalho, e armazena estas informações em um banco

de dados. A pesquisa neste banco de dados é realizada através da interface *Search* exemplificada na próxima figura.

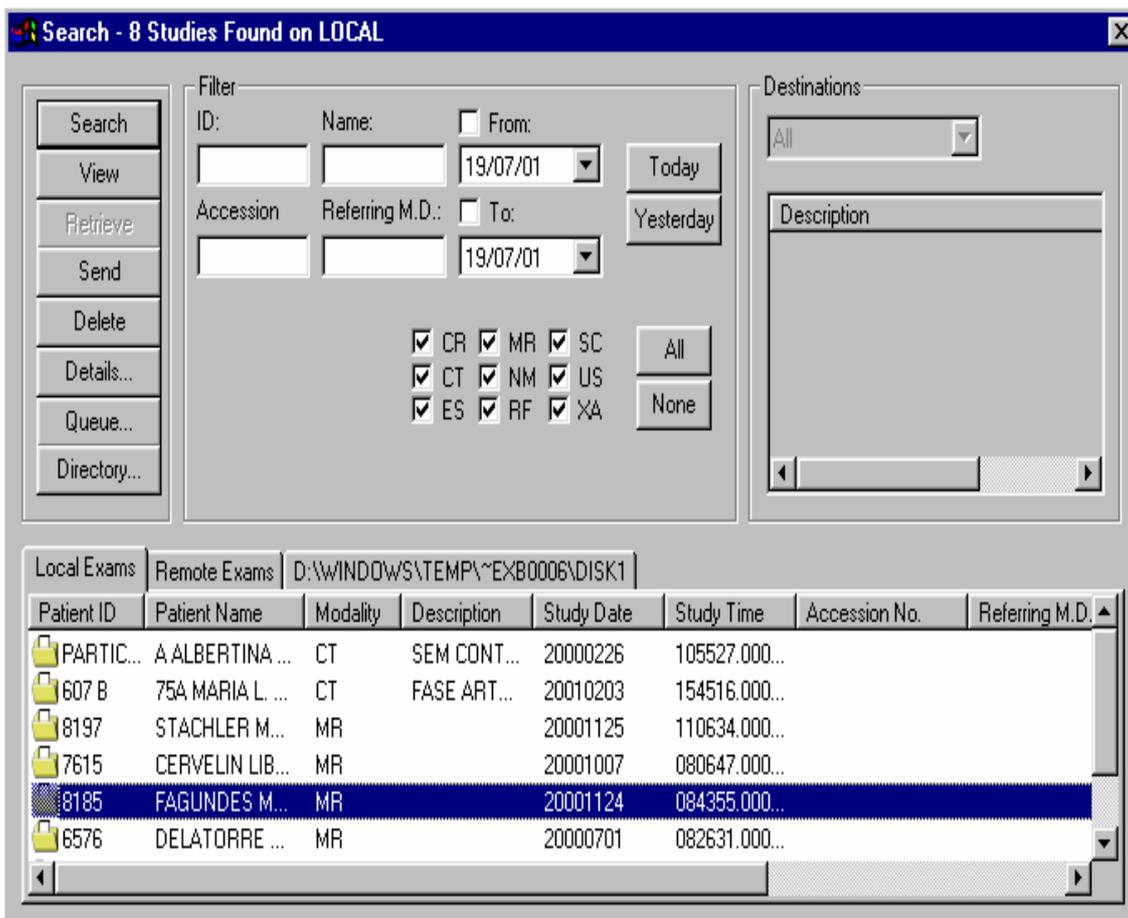


FIGURA 2.17 – Interface de pesquisa para seleção de uma imagem no EFILM

Esta interface prove uma área de filtro que otimiza a pesquisa de imagens na estação de trabalho local (*Local Exams*), ou em outros locais que estejam ligados a rede (*Remote Exams*). A pesquisa por imagens pode ser feita pela identificação do paciente, pelo nome do paciente, pela modalidade do exame, pela data do exame e pela combinação de todos estes campos. Além de facilitar a pesquisa de imagens, esta interface prove outras facilidades, tais como: envio da imagem para outras áreas da rede (botão *Send*); eliminação da imagem da estação de trabalho (botão *Delete*); visualização da imagem na interface de visualização e processamento de imagens (botão *View*), desde que a imagem esteja na estação de trabalho (*local exams*); e visualização de todas as séries do estudo selecionado e de todas as imagens da série selecionada (botão *Details*) [EFI 01].

O visualizador EFILM mostra todas as séries de um estudo, uma ao lado da outra, e para cada grupo de série as imagens são exibidas uma após a outra em *Stack Mode*. As imagens de cada série podem ser exibidas de maneira estática, o usuário controla a exibição da próxima imagem com o auxílio da barra de rolamento ao lado de cada série, ou de maneira dinâmica, as imagens são exibidas num *loop* contínuo como num filme com o auxílio do botão *cine*.

A seguir é apresentada a interface de visualização e processamento de imagem do EFILM.

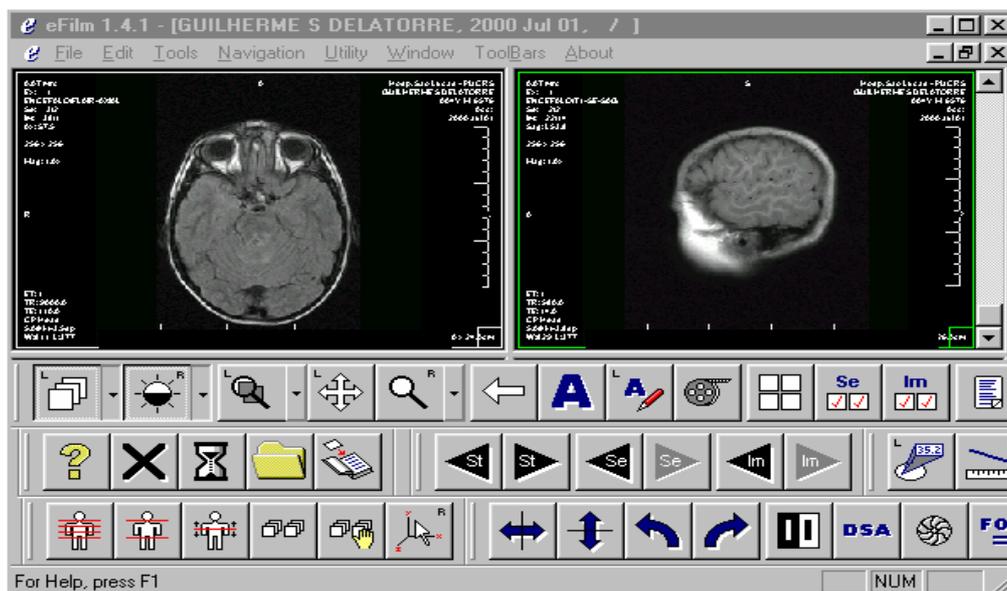


FIGURA 2.18 – Interface do visualizador de imagens do EFILM

Assim como OSIRIS, o EFILM mostrar alguns dados associados à imagem em interfaces secundárias do visualizador. Segue abaixo um exemplo da interface com dados associados à imagem.

Patient	
Name:	GUILHERME S DELATORRE
MRN:	6576
Age:	004Y
Sex:	M
History:	
Study	
Date:	2000 Jul 01
Time:	
Description:	
Contrast:	
Machine:	MAGNETOM VISION plus

FIGURA 2.19 – Interface secundária do EFILM com dados associados à imagem

Processamento e Análise da Imagem:

O processamento básico do EFILM permite funcionalidades como ajuste de brilho e contraste, aumentar e diminuir do tamanho da imagem (zoom), aumento de uma área de interesse da imagem, inversão de cores, rotação e inversão da posição da imagem (direita para esquerda ou de cima para baixo).

O EFILM também disponibiliza ferramentas que permitem fazer anotações na imagem, selecionar regiões de interesse, extrair medidas da imagem e fazer referência cruzada (localizar a fatia da imagem em um plano de intersecção). Com as ferramentas

de extração de medidas da imagem é possível realizar os seguintes procedimentos: obter o valor do *pixel* do ponto selecionado na imagem, desenhar uma linha na imagem e obter a medida desta linha (para CT e MR a informação será em centímetros e para as outras modalidades será em número de *pixel*), selecionar uma região de interesse (ROI), e obter estatísticas desta região (ex: *Mean*-valor médio das intensidades dentro do ROI, *StdDev*-desvio padrão do valor médio calculado, e *Área*-área do ROI em cm) [EFI 01].

Além de proporcionar um ambiente de visualização e processamento de imagens médicas no formato DICOM, o EFILM possibilita as seguintes facilidades: a criação de álbuns com imagens selecionadas, o armazenamento das imagens em CD, e o envio das imagens pela rede. E, assim como o OSÍRIS, o EFILM também é um *software* distribuído gratuitamente.

2.4.4 Hipax

O sistema HIPAX *Medical Imaging and Communication System* é um sistema comercial de processamento, armazenamento e comunicação de imagens no formato DICOM, desenvolvido pela *Steinhart Medizinsysteme* [HIP 01]. Este sistema é dividido em vários módulos a fim de atender muitas das necessidades de processamento, armazenamento e comunicação de imagens, mas para o escopo deste trabalho será apresentado somente o módulo de visualização e processamento de imagens.

Visualizador HIPAX:

O visualizador Hipax exibe as imagens uma ao lado da outra (*Tile Mode*), ou uma após a outra (*Stack Mode*). No formato *Stack Mode*, as imagens podem ser exibidas de maneira estática, onde o usuário controla a exibição da próxima imagem, ou de maneira dinâmica, as imagens são exibidas num *loop* contínuo como num filme. Para obter as imagens a serem exibidas no visualizador, o usuário pode selecionar um arquivo (imagem) de um determinado diretório, ou da lista de paciente, se for obtido o módulo de administração do paciente.

Após a seleção da imagem, o *software* mostra a imagem na interface principal do visualizador HIPAX, conforme mostra a próxima figura.

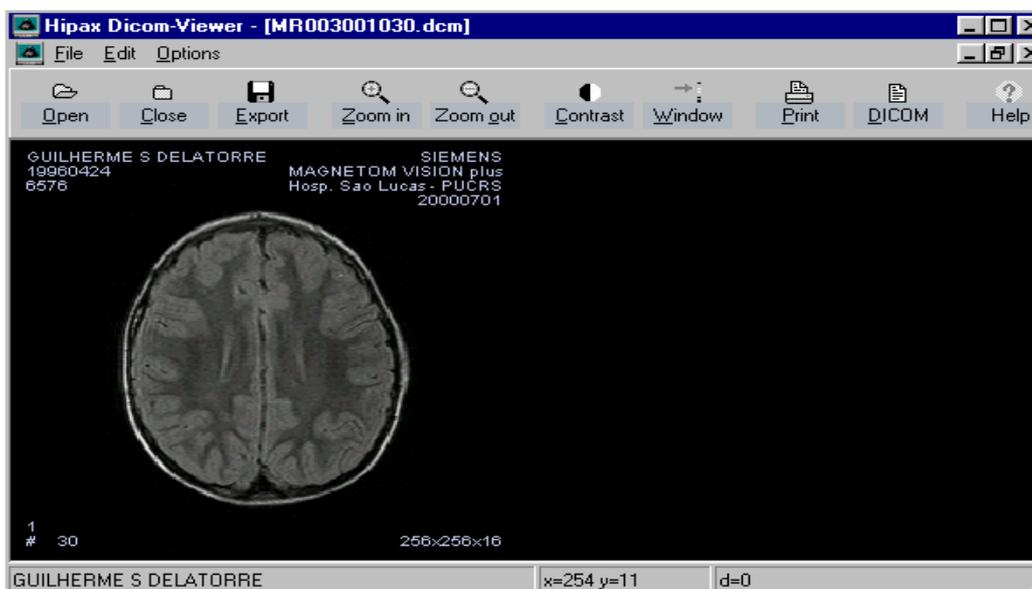
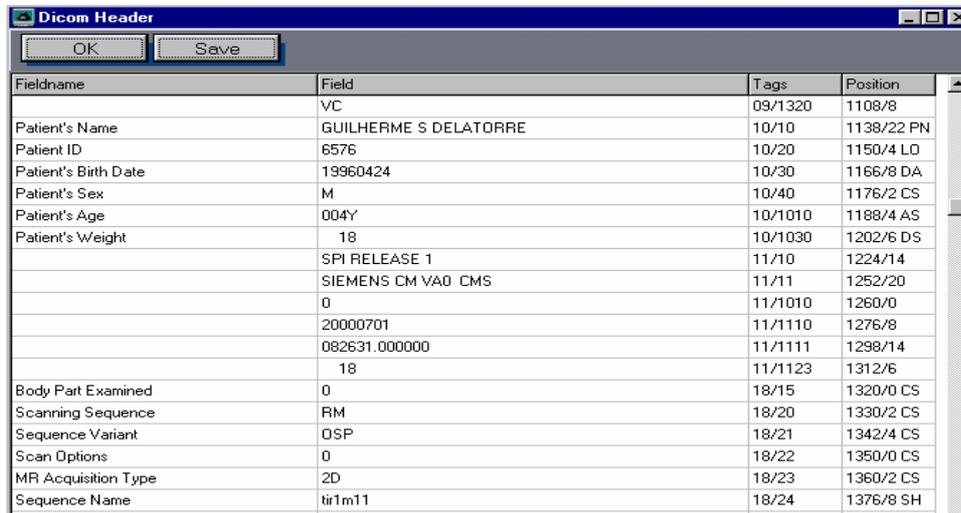


FIGURA 2.20 – Interface principal do visualizador de imagens do HIPAX

O visualizador do HIPAX mostra em uma interface secundária todos os dados registrados junto com a imagem na estrutura do formato DICOM. Nesta interface é possível visualizar o número da *Tag*, a descrição da *Tag*, o conteúdo da *Tag* (dados associados à imagem), a posição da *Tag* dentro do arquivo, tamanho do conteúdo da *Tag*, e o valor de referência da *Tag*. Segue abaixo um exemplo da interface com dados da imagem.



Fieldname	Field	Tags	Position
	VC	09/1320	1108/8
Patient's Name	GUILHERME S DELATORRE	10/10	1138/22 PN
Patient ID	6576	10/20	1150/4 LD
Patient's Birth Date	19960424	10/30	1166/8 DA
Patient's Sex	M	10/40	1176/2 CS
Patient's Age	004Y	10/1010	1188/4 AS
Patient's Weight	18	10/1030	1202/6 DS
	SPI RELEASE 1	11/10	1224/14
	SIEMENS CM VA0 CMS	11/11	1252/20
	0	11/1010	1260/0
	20000701	11/1110	1276/8
	082631.000000	11/1111	1298/14
	18	11/1123	1312/6
Body Part Examined	0	18/15	1320/0 CS
Scanning Sequence	RM	18/20	1330/2 CS
Sequence Variant	QSP	18/21	1342/4 CS
Scan Options	0	18/22	1350/0 CS
MR Acquisition Type	2D	18/23	1360/2 CS
Sequence Name	tr1m11	18/24	1376/8 SH

FIGURA 2.21 – Interface secundária do HIPAX com dados associados à imagem

Processamento e Análise da Imagem:

O processamento básico do HIPAX permite funcionalidades tais como: ajustar brilho e contraste, aumentar e diminuir o tamanho da imagem (*zoom*), e aumentar uma área de interesse da imagem.

O HIPAX também disponibiliza ferramentas que permitem fazer anotações na imagem, construir o histograma com a distribuição de cinzas na imagem, selecionar regiões de interesse, extrair informações de medidas da imagem (ângulo e distância), e extrair estatísticas da região de interesse [HIP 98].

Apesar do sistema HIPAX ser um *software* vendido comercialmente, a empresa *Steinhart Medizinsysteme* distribui gratuitamente o módulo de visualização e processamento básico de imagens DICOM através do módulo *HIPAX Freeware*.

2.4.5 FP Image

O *software* FP Image é um sistema comercial de análise e processamento de imagens médicas. Este *software* foi projetado para processar diversos tipos de modalidade de imagens médicas (MR, CT, raios X, US...) [FPI 01a].

Visualizador FP Image:

O FP Image possui um visualizador de imagens DICOM separado do módulo de processamento de imagens. Para exibir a imagem no visualizador, o usuário pode obter a imagem selecionando-a de um diretório, ou através de uma pesquisa no banco de dados criado pelo FP Image. Neste banco de dados as imagens estão organizadas por paciente, estudo, série e imagem, como mostra a figura 2.22.

O Tela do visualizador está dividida em 3 áreas. Na primeira, mais a esquerda, estão exibidos os dados do banco de dados, de forma a facilitar a seleção das imagens; a segunda exibe a imagem; e a terceira, abaixo da imagem, exibe os dados associados a imagem com suas respectivas *tags*.

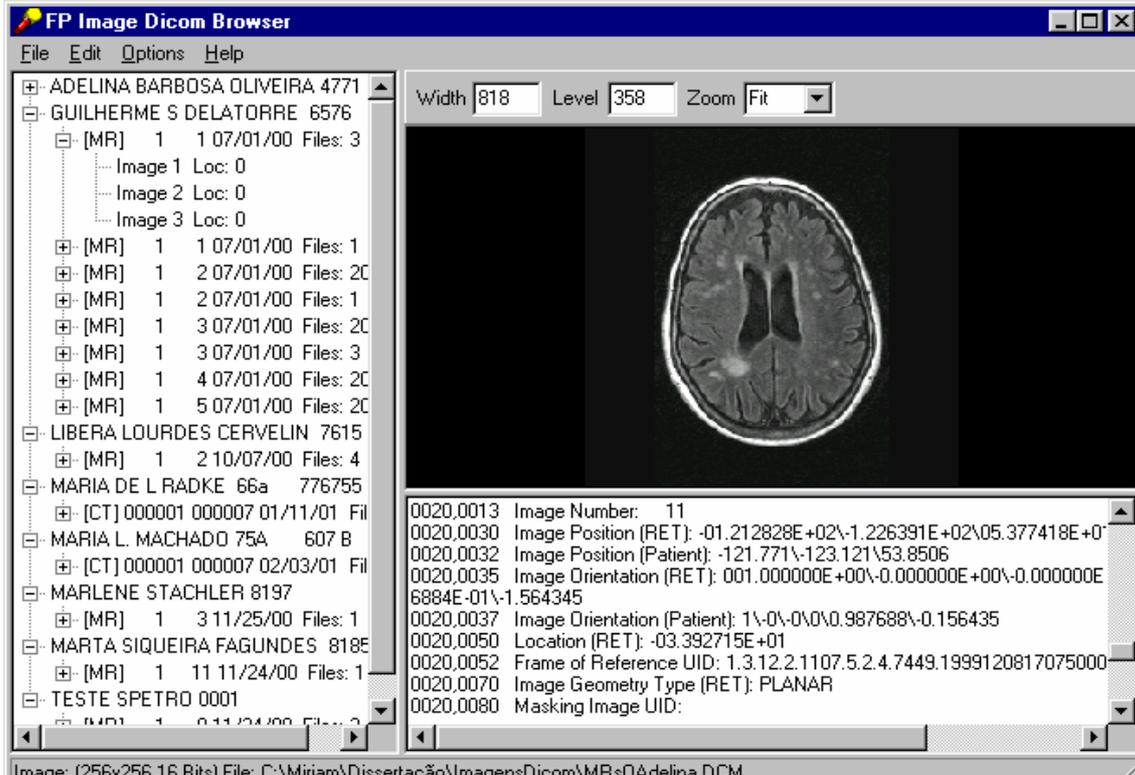


FIGURA 2.22 – Interface do visualizador de imagens do FP Image

Os formatos de arquivos lidos pelo visualizador FP Image são: FP Image (.img-nativo), Microsoft Bitmaps (.bmp), JPEG (.jpg), *Portable Gray Map* (.pgm), *Portable Pixel Map* (ppm), DICOM (qualquer extensão), e formatos definidos pelo usuário (FMT files; o usuário pode informar seu próprio formato através do arquivo `\fpimage\bin\fpimage.cfg`) [FPI 01c]) [FPI 01b].

Processamento e Análise da Imagem:

Os formatos de arquivos processados pelo FP Image são: FP Image (.img-nativo), DICOM e formatos definidos pelo (FMT files) [FPI 01b].

A ferramenta de processamento e análise do FP Image possibilita os processamentos básicos como aumentar e diminuir o tamanho da imagem (zoom), inversão temporária de cores, e ajuste de cores (ex: contraste e intensidade). Além dos processamentos básicos, o *software* possibilita fazer anotações na imagem (figura 2.24), construção de histograma, selecionar regiões de interesse (figura 2.25), comandos gráficos (ex: desenhos de elipses, linhas, círculos, polígonos e retângulos) (figuras 2.25, 2.26, 2.27 e 2.28), e extrair medidas da imagem (ex: estatísticas das regiões de interesse, distância e ângulo) (figuras 2.25, 2.26 e 2.27). E, ainda, visualizar todos os valores dos *pixels* que estão dentro de uma determinada área (figura 2.29) [FPI 01b].

A seguir é apresentado um exemplo da interface de processamento do FP Image e na seqüência são apresentados exemplos do processamento deste *software*.

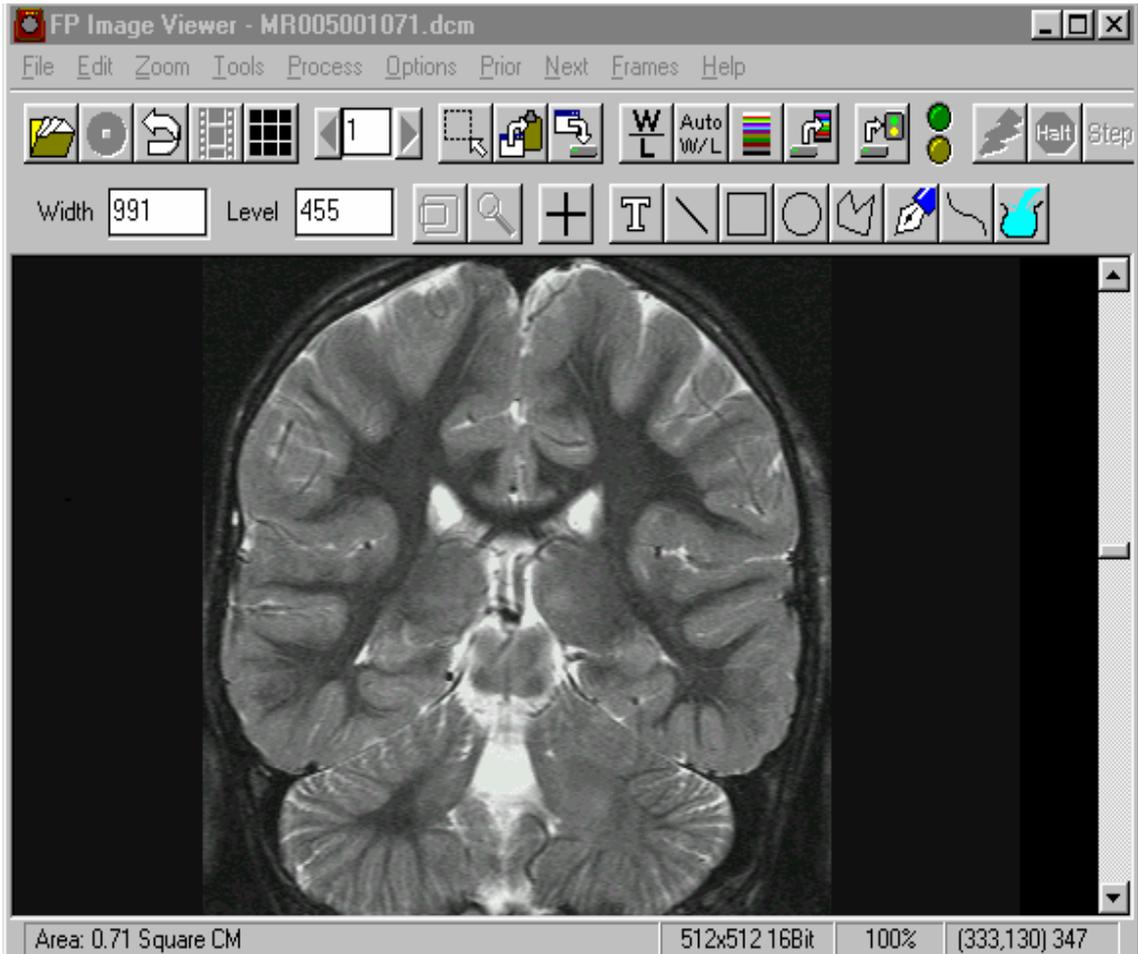


FIGURA 2.23 – Interface do processador de imagens do FP Image

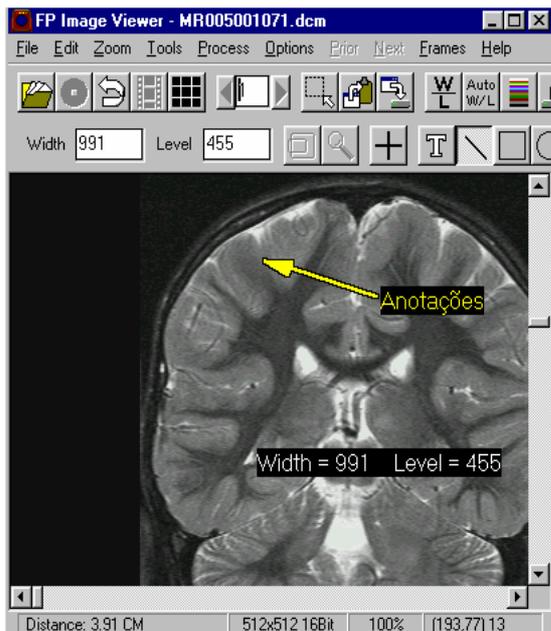


FIGURA 2.24 – Anotações no FP Image

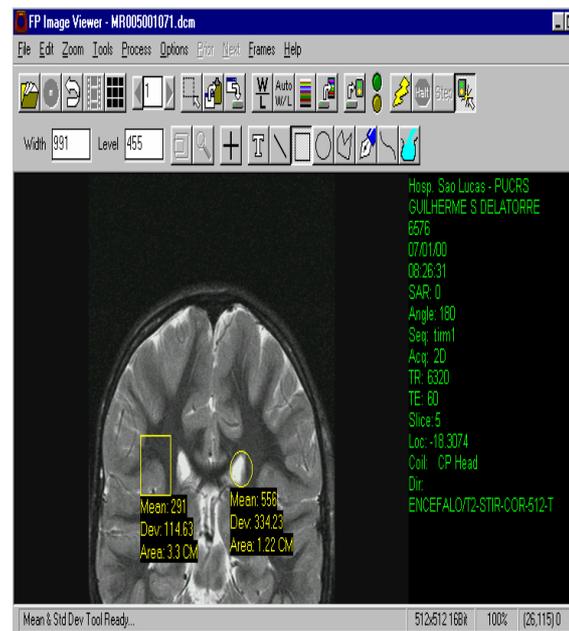


FIGURA 2.25 – ROI e estatística no FP Image

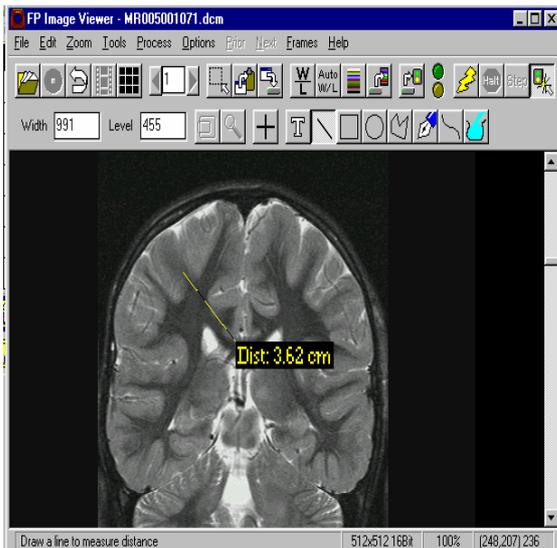


FIGURA 2.26 – Distância no FP Image

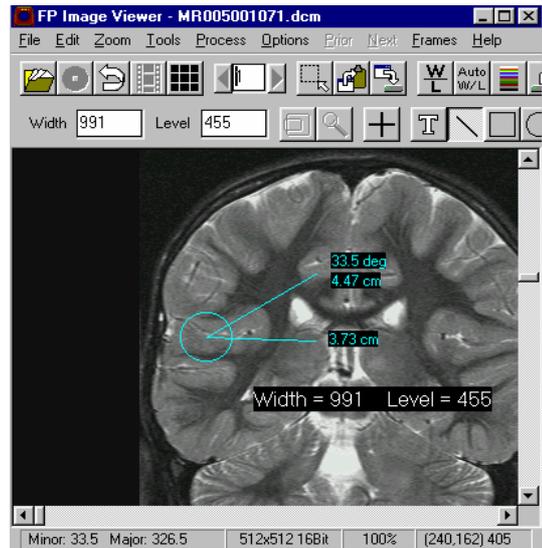


FIGURA 2.27 – Medidas no FP Image

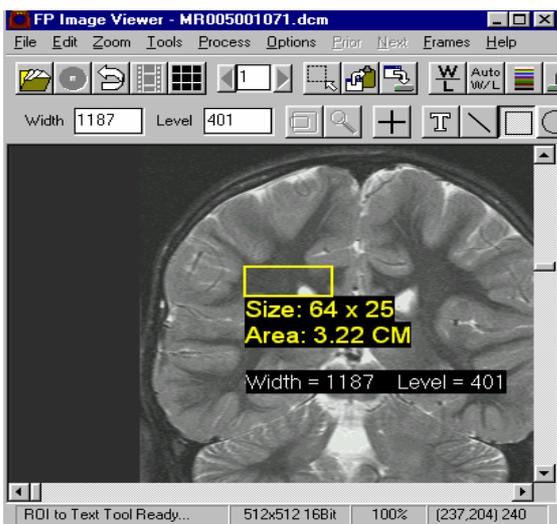


FIGURA 2.28 - Tamanho de uma região no FP Image

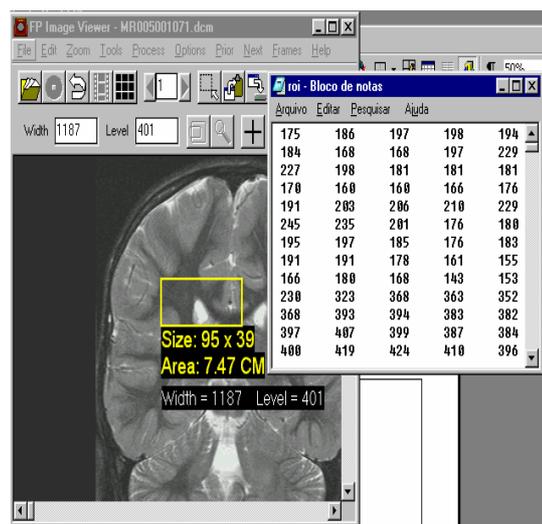


FIGURA 2.29 – Valores dos pixels de uma região da imagem no FP Image

O *software* FP Image possui uma linguagem de processamento que permite o usuário acrescentar suas preferências, e acrescentar novas propriedades de processamento ao *software*. Estes processamentos são tratados pelo *software* como *scripts* e executados interativamente com o processamento da imagem. Alguns exemplos de *scripts* são: a seleção prévia de alguns parâmetros de visualização, de acordo com a modalidade, processamento de novos cálculos, e a gravação de dados calculados e anotados na imagem em um arquivo para posterior processamento [FPI 01b].

O *software* FP Image é vendido comercialmente, mas possui o módulo Dicom Browser que é uma versão do visualizador de imagens, só para DICOM, distribuída gratuitamente.

2.5 Considerações Finais

Com a finalidade de apresentar uma base teórica para o desenvolvimento deste trabalho, este capítulo abordou diversos termos técnicos associados a imagens em geral, mostrou a evolução dos formatos de arquivos desenvolvidos especialmente para este tipo de dado, assim como apresentou formatos de arquivos e ferramentas desenvolvidos para atenderem imagens médicas.

Na descrição dos formatos de arquivo, pode-se observar que o desenvolvimento dos formatos está evoluindo com relação ao armazenamento de metadados, mas para as necessidades da área médica, nenhum é tão completo quanto o DICOM. O formato DICOM foi projetado, especificamente, para considerar em sua estrutura e no seu dicionário de dados os metadados das imagens médicas, e para ser um padrão neste domínio.

A seção de ferramentas para o processamento de imagens médicas mostra o atual estágio de desenvolvimento desta área, e a importância da interação do usuário com ferramentas de processamento, a fim de facilitar o diagnóstico. Também pode-se observar que a extração de medidas (distâncias, ângulos e estatísticas dos ROI) são informações relevantes no diagnóstico e no acompanhamento de patologias. No decorrer desta seção, através do uso do DICOM em todos os *softwares* apresentados, é reafirmado o uso do DICOM como um formato padrão para o processamento de imagens médicas.

Baseando-se no que foi apresentado neste capítulo, pode-se concluir que as imagens médicas apresentam muitas particularidades e necessidades específicas deste tipo de imagem. Desta forma, a descrição e recuperação de imagens médicas armazenadas requerem o desenvolvimento de soluções específicas para o domínio da medicina.

3 Descrevendo Imagens Através de Metadados

Metadados são descritores de dados que tem a finalidade de documentar e organizar, de forma estruturada, o conteúdo dos dados a fim de facilitar a recuperação dos mesmos.

As definições de metadados vão desde de um simples registro de catálogo de dados, como é o caso do “Dicionário do DICOM” [DIC 99f], passando por descritores que facilitam as pesquisas em banco de dados como “Metadados para Documentação e Recuperação de Imagens” [GAR 99], até registros que descrevem recursos de rede e visam disponibilizar recursos através de uma rede, como é o caso do “*Dublin Metadata Core Element Set*” [UKO 01].

A literatura de metadados utiliza os termos padrão, modelo e arquitetura. Modelos de metadados descrevem o conteúdo e a semântica dos dados em qualquer domínio de aplicação. Basicamente, todos os padrões de metadados são modelos que, a partir de um consenso das comunidades de pesquisa passaram a ser utilizados como padrões. Geralmente, esses padrões contêm descritores de dados específicos que são dependentes das informações que armazenam. O papel das arquiteturas de metadados é descrever o ambiente, de maneira a prover a interoperabilidade entre os vários padrões de metadados existentes [GAR 99].

Neste trabalho, o termo metadados está sendo usado no sentido de descritores que facilitam as pesquisas em banco de dados. Portanto, este trabalho apresenta um modelo de metadados para imagens médicas.

Esta proposta deve-se ao fato que existem vários padrões de metadados propostos para descreverem os dados de diferentes áreas de aplicação, como por exemplo: FGDC (*Federal Geographic Data Committee*) para descrição de dados geoespaciais; MARC (*Machine Readable Catalogue*) para catalogação bibliográfica; IAFA/whois++ (*Internet Anonymous Ftp Archive with whois++ protocol*) para a descrição dos conteúdos e serviços disponíveis em arquivos ftp (*file transfer protocol*); TEI (*Text Encoding Initiative*) para a representação textos na forma eletrônica; DC (*Dublin Core*) para a documentação de documentos eletrônicos na Web; e SAIF (*Spatial Archive and Interchange Format*) para compartilhamento de dados espaciais e espaços temporais. Mas segundo Garcia [GAR 99], em se tratando de imagens digitalizadas, ainda não existe um consenso na área da Ciência da Computação, nem na área da Ciência da Informação, de como se deve descrever os dados de forma padronizada.

Neste capítulo, considerando a proposta do presente trabalho, é feito um estudo de sistemas comerciais e modelos de metadados diretamente relacionados à imagem, que permitem de alguma forma descrevê-la. Inicialmente, na seção 3.1, são apresentadas duas soluções comerciais que possuem extensões para tratar objetos do tipo imagem. A seção 3.2 apresenta o projeto DISIMA (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados de Multimídia e de Imagens) cujo objetivo é modelar imagens, e recuperá-las com base em seus conteúdos. Na sequência, seção 3.3, é apresentado um modelo de metadados desenvolvido para documentar e recuperar imagens do tipo fotografia, pintura ou gravura. E, por fim, seção 3.4, é mostrado o modelo de dados existente no ambiente de radiologia, segundo a visão dos projetistas do padrão DICOM.

3.1 Sistemas Comerciais que Utilizam Descritores do Conteúdo das Imagens

Como foi mencionado no capítulo 1, a forma estruturada de armazenamento dos dados em bancos de dados não permite trabalhar adequadamente com objetos pouco estruturados do tipo imagem. Distintamente dos dados estruturados, onde cada dado está armazenado em uma coluna separada, de fácil acesso através das linguagens de consulta, partes das informações sobre uma imagem estão implícitas na própria imagem, e outra parte (semântica) pode não estar na imagem, dificultando a sua recuperação.

A seguir são apresentadas duas soluções comerciais que, além de gerenciarem o armazenamento de imagens em bancos de dados, permitem que o conteúdo da imagem seja gerenciado. E, assim, possibilitam a recuperação de imagens com base nos descritores do conteúdo associado à imagem, e com base nas características extraídas automaticamente da imagem.

3.1.1 Solução Oracle

A Oracle, empresa que desenvolve soluções de bancos de dados, desenvolveu o produto Oracle8i *interMedia*, uma extensão do Oracle8i, que tem a capacidade de armazenar imagens estáticas dentro do banco de dados, ou até mesmo fora do banco. Além de desenvolver o produto Oracle8i *intermédia*, a Oracle desenvolveu uma extensão deste produto chamado VIR (*Visual Information Retrieval*) que possibilita a recuperação baseada no conteúdo da imagem [ORA 00a].

O Oracle8i *interMedia* usa tipos de dados - objetos, semelhante aos objetos em JAVA ou classes em C++, para descrever imagens. Uma imagem pode ser armazenada no banco de dados em campos do tipo BLOB sob o controle de transações e, também, pode ser armazenada fora do banco de dados sem controle de transações. Neste último caso, um ponteiro é armazenado no banco de dados, sob o controle de transação, e a imagem fica armazenada em arquivos externos chamados BFILES [ORA 98] [ORA 00a].

O armazenamento da imagem fora do banco pode ser um mecanismo interessante para gerenciar imagens grandes, ou imagens que residem em *flat files*¹. A fim de permitir o controle de transações, estas imagens podem ser importadas para dentro de BLOBs a qualquer momento [ORA 98].

Além da imagem, o Oracle8i *interMedia* permite o armazenamento de metadados, atributos e métodos que operam sobre a imagem no banco de dados. Permite, também, a extração automática dos atributos da imagem, através do utilitário *interMedia Annotador*, e gerencia estes metadados mesmo que a imagem se encontre fora do banco de dados [ORA 98][ORA 00b].

Uma imagem, ou uma coleção de imagens, deve estar relacionada com alguns grupos de atributos, ou palavras-chaves que descrevem o seu conteúdo. O conteúdo da imagem pode estar descrito por componentes textuais e atributos numéricos tais como: data e outros identificadores numéricos [ORA 00a].

No banco de dados Oracle os métodos que estão associados ao objeto imagem são os seguintes [ORA 00a]:

¹ *Flat files* - arquivos contendo registros não estruturados.

- **setProperties()** – usado para extração de propriedades importantes da imagem, tais como: formato do arquivo (TIFF, BMP ou outros), formato do conteúdo (colorido, escala de cinza 8-bits e outro), altura e largura da imagem em *pixels*, formato de compressão (JPEG, LZW), e o tamanho total em *bytes*;
- **process()** e **processCopy()** – são métodos usados para conversão do formato da imagem, compressão e manipulação de funções básicas, tais como: a modificação do tamanho e recortes;
- **copyContent()** – usado para copiar a imagem para um novo BLOB.

O banco Oracle suporta vários formatos nativos destes objetos e várias formas de compressão dos mesmos.

Os formatos de arquivos de imagens suportados pelo banco de dados Oracle são os seguintes: TIFF, JFIF(JPG), BMP, TARGA, PCX, PICT, GIF, CALS, formato “SUN” e RPIX. O formato RPIX é o formato de *raw pixel* do Oracle8i *interMedia*. Como este formato não é comprimido, o acesso a um *pixel* individual e a execução do processamento de imagens são facilitados. Um formato proprietário, ou estrangeiro, pode ser convertido ao formato RPIX, simplesmente, passando os atributos do formato do arquivo da imagem para o Oracle8i *interMedia*. Uma vez feito isso, o Oracle8i *interMedia* encarrega-se de converter o arquivo para o formato RPIX, para então processar, armazenar, e recuperar a imagem. Além de converter outros formatos para o formato RPIX, o Oracle8i *interMedia* faz a conversão entre formatos na medida que isto for necessário [ORA 98].

O Oracle8i *interMedia* suporta esquemas de compressão de imagens, tais como: CCITT G3 / G4 (esquema de codificação Huffman, que é sem perdas – isto é, o resultado da descompressão da imagem é idêntico à imagem original), ISSO/CCITT (esquema de codificação JPEG, que é com perdas – isto é, o resultado da descompressão da imagem não é idêntico à imagem original, mas muito semelhante), e outros[ORA 98][ORA 00a].

O Oracle8i, além de possibilitar a recuperação da imagem por metadados, possui uma extensão chamada VIR (*Visual Information Retrieval*) que possibilita a recuperação baseada no conteúdo da imagem. Esta extensão permite a recuperação da imagem baseada nas seguintes características: cor global, cor de uma determinada região e textura [ORA 00c].

A extensão VIR suporta imagens armazenadas no Oracle8i em BLOBs e em arquivos externos BFILE. Para viabilizar este suporte, são criados objetos com a seguinte estrutura:

Atributos do objeto:

content	imagem armazenada;
height	altura da imagem em <i>pixels</i> ;
width	largura da imagem em <i>pixels</i> ;
contentLength	tamanho do arquivo da imagem em <i>bytes</i> ;
fileFormat	tipo de arquivo da imagem, tais como: TIFF,JFIF e outros;
contentFormat	tipo da imagem, tais como: colorida, escala de cinzas 8-bit;
compressionFormat ...	tipo de compressão da imagem;
signature.....	vetor de características (assinatura) que descreve o

conteúdo da imagem, usado na recuperação baseada em conteúdo.

Métodos do objeto:

CopyContent()	copia a imagem de um BLOB ou BFILE, para um BLOB;
SetProperties()	obtém e armazena os atributos de uma imagem;
Process()	processa uma imagem (por exemplo, modifica ou converte em outro formato);
ProcessCopy()	copia uma imagem e processa a cópia da imagem, usando <i>process()</i> .

A extensão VIR possui operadores que são específicos para a recuperação baseada em conteúdo. Estes operadores estão descritos a seguir.

Analyse()	produz a assinatura de uma imagem;
Convert()	converte a assinatura para o formato da plataforma hospedeira;
Similar()	compara duas assinaturas e determina se as imagens são similares ou não. Para esta comparação são realizados os seguintes procedimentos: cálculo da soma ponderada das distâncias entre as duas imagens, usando os pesos fornecidos na consulta para os diferentes atributos visuais; comparação da soma ponderada com um valor limite fornecido na consulta; e o valor de retorno é estabelecido: valor 1 (sim) se o resultado for inferior ou igual ao valor limite, e valor 0 (não) se o resultado for superior ao valor limite;
Score().....	compara as assinaturas de duas imagens e retorna um número que representa a soma ponderada das distâncias dos atributos visuais (cor global, cor local, textura, estrutura e facial). Para este cálculo é fornecido na consulta, um peso para cada um dos atributos e o sistema normalizara estes pesos a fim de totalizar 100%. Este método é usado em aplicações que necessitam ordenar as imagens por similaridade à um exemplo, ao invés de um simples “sim” ou “não” retornado pelo método Similar();

3.1.2 Solução IBM

Da mesma maneira da Oracle, a IBM também estendeu seu banco de dados para trabalhar com objetos do tipo imagem. Esta extensão no banco de dados da IBM chama-se *DB2 Image Extender*, e suporta objetos grandes (mais de 2 GB) [REN 97]. Aliado ao *DB2 Image Extender*, a IBM possui a tecnologia QBIC (*Query by Image Content*) que possibilita a recuperação das imagens armazenadas no banco de dados considerando, na busca, as propriedades visuais da imagem [IBM 00a].

Na solução da IBM, o DB2 pode armazenar as imagens em campos do tipo BLOB, ou no *file system* do sistema operacional. Para armazenar a imagem no *file system* do sistema operacional, o DB2 utiliza uma facilidade chamada *DataLink* que

mantém o arquivo com a imagem no *file system*, mas este é gerenciado pelo DB2 (movido, excluído e etc.).

A IBM também possui o produto *ImagePlus* [IBM 00b] para auxiliar no gerenciamento de imagens do DB2. Este produto armazena as informações estruturadas no DB2 para a indexação e as não estruturadas, imagens e textos, em campos BLOB, ou no *file system*. O *ImagePlus* pode interagir com sistemas de armazenamento para possibilitar o uso de mídias óticas, *jukeboxes*, e outros para diminuir o custo de armazenar grandes volumes em mídia.

A seguir são descritas as facilidades disponíveis no DB2 *Image Extender*.

- **Importa** imagens e seus atributos para o banco de dados. Após importar uma imagem, o DB2 *Image Extender* armazena e mantém os atributos da imagem, tais como: tamanho em *bytes*, formato, altura, largura e conjunto de cores;
- **Exporta** imagens do banco de dados;
- **Converte** o formato da imagem. Os formatos que podem ser processados pelo DB2 *Image Extender* são os seguintes:

IM	<i>OS/2 Audio Visual Connection (AVC)</i>
BMP	<i>OS/2 – Microsoft Windows Bitmap</i>
EPS	<i>Encapsulated PostScript</i>
EP2	<i>Encapsulated level 2 PostScript</i>
GIF	<i>Comuserve GIF*(a (including animated GIFs) and 87</i>
IMG	<i>IOCA image</i>
IPS	<i>Brooktrout FAX card file</i>
JPG	<i>JPEG (JFIF format)</i>
PCX	<i>PC paint file (grayscale only)</i>
PGM	<i>Portable gray map (from PBMPLUS)</i>
PS	<i>PostScript</i>
PSC	<i>Compressed PostScript image</i>
PS2	<i>PostScript level 2 (color)</i>
TIF	<i>All TIFF 5.0 formats</i>
YUV	<i>Digital vídeo for YUV</i>

- **Recupera e mantém a segurança** das imagens. As imagens armazenadas no DB2 dispõem da mesma segurança e proteção de recuperação dos dados tradicionais;
- **Gera e exhibe** imagens em tamanho miniatura (*thumbnails*), ou no seu tamanho original;
- **Consulta** imagens por seus atributos e/ou por seu relacionamento com os dados tradicionais. Para consultas por atributos da imagem, a IBM dispõe da tecnologia QBIC descrita a seguir.

O QBIC é um sistema da IBM, vinculado ao banco de dados da IBM, que permite a recuperação e visualização baseada em conteúdo de imagens estáticas e vídeo [DEL 99b]. O QBIC possui uma linguagem de consulta gráfica, na qual consultas são propostas por desenho, seleção e outros meios gráficos [FLI 95].

Para alcançar sua funcionalidade, o QBIC tem dois componentes principais:

- população do banco de dados (que é processo de criação do banco de dados);
- consulta ao banco de dados.

Durante a população, imagens são processadas para extrair e armazenar as características que descrevem seu conteúdo, tais como: cores, texturas, formas e regiões que correspondem aos objetos. Na população por imagens estáticas, as imagens são anotadas com informações textuais. A identificação dos objetos permite ao usuário caracterizar manualmente, semi-automaticamente ou automaticamente regiões de interesse, que são chamadas de objetos, nas imagens. Internamente, cada objeto é representado por uma máscara binária. Poderá acontecer de haver um número arbitrário de objetos por imagem. Objetos podem se sobrepor e podem consistir de vários componentes desconectados.

Durante a consulta, o usuário compõe uma consulta graficamente. As características são geradas na consulta gráfica e, então, disponibilizadas para uma máquina de busca que encontra imagens com características similares [FLI 95].

No caso das imagens estáticas, as funções disponíveis para a consulta são as seguintes [DEL 99b]:

- consulta por similaridade global de cores;
- consulta por similaridade de regiões coloridas;
- consulta por similaridade de textura;
- consulta por similaridade de formas; e
- consulta por similaridade de relacionamento espacial.

3.2 Projeto DISIMA: Modelando Imagens para a Recuperação Baseada em Conteúdo

O DISIMA [ORI 97] é um projeto desenvolvido pela Universidade de Alberta no Canadá. Este projeto visa a construção de um sistema de banco de dados de imagem que possibilita consultas baseadas no conteúdo da imagem. O modelo especificado pelo DISIMA endereça banco de dados de imagem e espacial. Um protótipo deste sistema está sendo implementado no SGBDOO ObjectStore.

Uma forte característica deste modelo é a visão dos dados da imagem em multi-níveis. Os objetos relevantes dentro da imagem são denominados objetos salientes, isto é, identificados na imagem como relevantes.

O modelo DISIMA é composto de dois blocos principais: o bloco imagem e o bloco objeto saliente. Cada um dos blocos agrupa entidades semanticamente ou sintaticamente relacionadas. A próxima figura apresenta uma visão geral do modelo DISIMA.

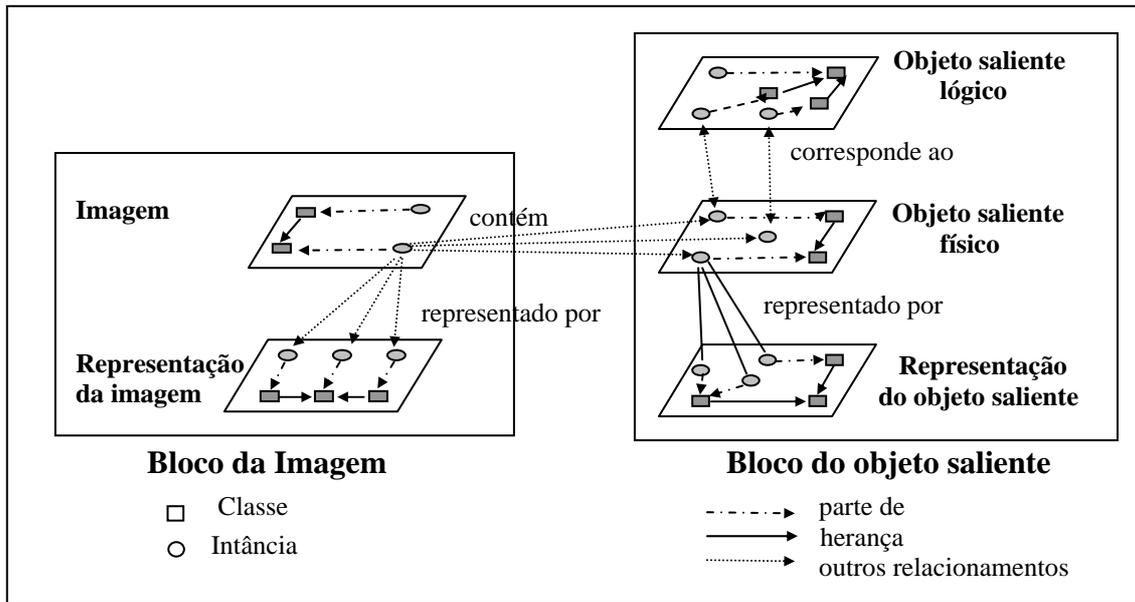


FIGURA 3.1 –Visão geral do modelo do DISIMA

O bloco imagem é composto de dois níveis: o nível imagem e o nível de representação da imagem. Isto porque o DISIMA faz distinção entre a imagem e sua representação, e mantém uma independência entre estes dois níveis. O nível imagem permite que o usuário defina tanto os relacionamentos entre as imagens como a classificação da imagem conforme suas necessidades, ver figura 3.2.

A figura 3.2 apresenta um grafo para uma aplicação que gerencia imagens médicas e imagens de noticiário. A classe “ImagensNoticiário” é especializada por outras três classes, são elas: classe “ImagemPessoal” para imagens onde uma pessoa possa ser identificada, classe “ImagemAmbiente” para imagens sobre a natureza, e “ImagemGeral” para classificar outros tipos de imagens.

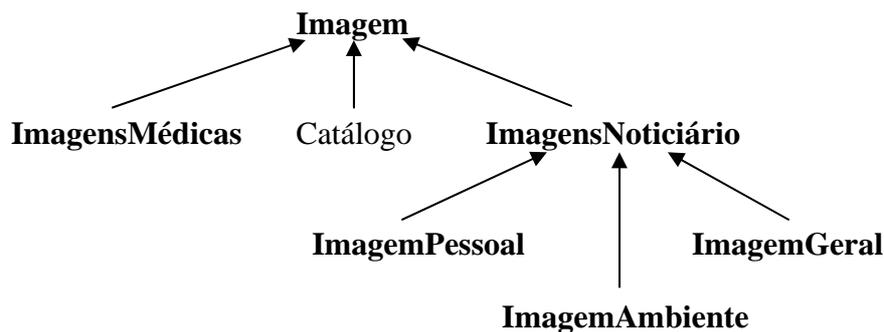


FIGURA 3.2 – Exemplo da hierarquia da imagem

Já o bloco do objeto saliente permite a representação da semântica dos objetos salientes de uma imagem. Segundo o modelo proposto no DISIMA, o conteúdo de uma imagem é formado por um conjunto de objetos salientes (entidades interessantes na imagem) que possuem um relacionamento espacial uns com os outros. Considerando o grafo apresentado na figura 3.2, alguns objetos salientes podem ser identificados nas imagens como mostra a figura 3.3.

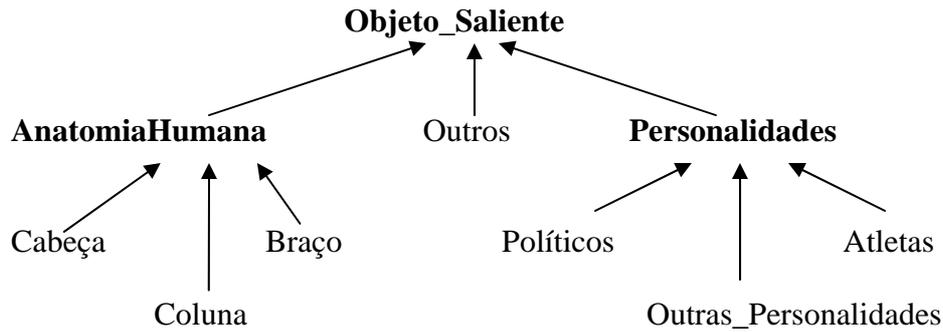


FIGURA 3.3 – Exemplo da hierarquia do objeto saliente lógico

O modelo DISIMA distingue dois tipos de objetos salientes para descrever a imagem, são eles: **objeto saliente físico**, que é parte de uma imagem e está caracterizado por uma posição (um grupo de coordenadas) no espaço da imagem, e **objeto saliente lógico**, que é uma abstração de um objeto saliente relevante a alguma aplicação, é usado para dar semântica a um objeto saliente físico. Exemplificando, pode ser criada uma instância da classe “Políticos” para representar o presidente Clinton, independente das imagens onde ocorra. O objeto Clinton é criado e existe mesmo que não exista nenhuma imagem no banco de dados na qual apareça o presidente. Isto é chamado de objeto saliente lógico e desta forma, é mantida uma informação genérica que pode ser armazenada sobre objetos interessantes (nome, posição e outras informações).

Instâncias particulares deste objeto podem aparecer em determinadas imagens. Existe um grupo de informações (dados e relacionamentos) que apontam para a ocorrência que “Clinton apareceu na imagem I”. O dado pode ser sua postura, sua localização, sua forma na imagem I. O objeto saliente físico (F_objetoClinton_1) na imagem I é apontado pelo objeto saliente lógico (objeto_Clinton), que dá informações adicionais sobre o objeto. Se o presidente Clinton é encontrado em outra imagem, outro objeto saliente físico (F_objetoClinton_2) será criado. E propriedades adicionais tais como cor, textura e forma podem ser definidas para um objeto saliente físico.

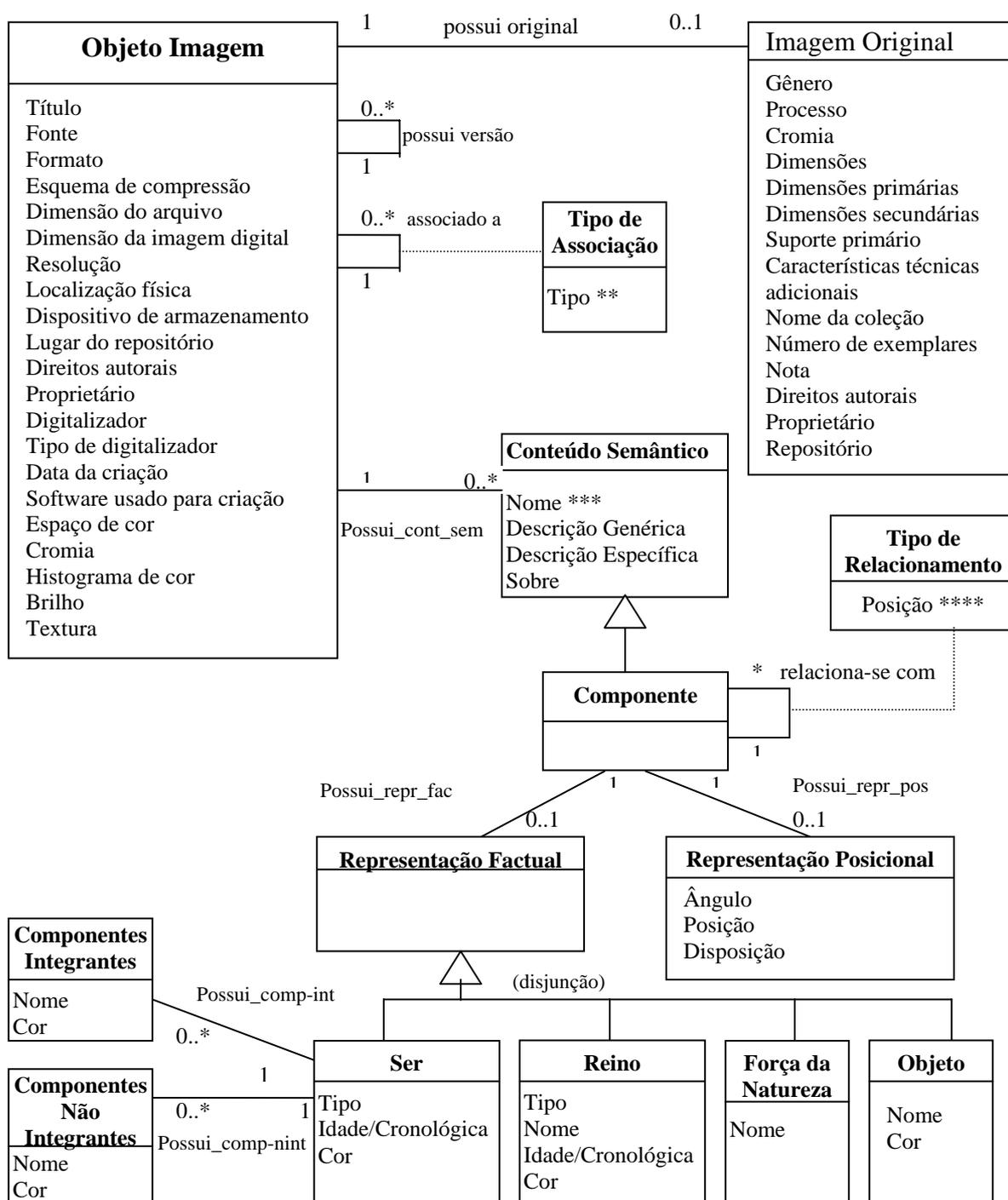
O reconhecimento do objeto saliente combina interpretação automática e manual das imagens. A interpretação automática pode processar vários algoritmos de reconhecimento de padrões e análise das imagens para identificar o conteúdo de uma imagem.

O DISIMA provê uma arquitetura interoperável utilizando as facilidades da arquitetura CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*), permitindo aos usuários consultarem as múltiplas fontes de imagens, possivelmente remotas.

3.3 Metadados para Documentação e Recuperação de Imagens

O esquema de “Metadados para Documentação e Recuperação de Imagens” [GAR 99] é um modelo de metadados que viabiliza uma representação sistemática e detalhada dos elementos descritores de imagens digitais do tipo fotografia, pintura ou gravura, incluindo tanto elementos para descrever as informações técnicas da imagem, quanto para descrever as informações de conteúdo semântico.

O esquema proposto pode ser visualizado através da próxima figura, utilizando a linguagem de modelagem de objetos- UML (*Unified Modeling Language*) [FOW 97].



Onde:

** - **Tipo** em Tipo de Associação pode assumir os seguintes valores: composto de, parte de, derivado de;

*** - **Nome** em Conteúdo Semântico pode assumir somente os seguintes valores: Ação (O Que), Espaço (Onde), Tempo (Quando), Componente (Quem) e Finalidade (Para Que);

**** - **Posição** em Tipo de Relacionamento pode assumir valores como: lado direito, lado esquerdo, frente, atrás, abaixo, sobreposto, diagonal frente direita, diagonal frente esquerda, diagonal atrás direita, diagonal atrás esquerda, centro, etc.

FIGURA 3.4 – Esquema Conceitual de Metadados para Imagem [GAR 99]

O esquema conceitual desta proposta, apresentado na figura 3.4, possui classes que contêm propriedades referentes às características da imagem. Neste projeto, as principais classes que descrevem um objeto imagem são as classes: “Objeto Imagem”, “Conteúdo Semântico”, e “Tipo de Relacionamento”. A cada uma dessas classes estão associadas às informações descritas a seguir.

“**Objeto Imagem**”: representa em sua maioria um conjunto de propriedades consideradas informações técnicas relativas ao objeto imagem (imagem física digitalizada). Por meio do auto-relacionamento **possui versão** podem ser obtidos os objetos imagem que são versões de algum outro objeto imagem. E o auto-relacionamento **associado a** representa o tipo de associação existente entre os objetos imagem, caso exista.

“**Tipo de Relacionamento**”: representa o tipo de relacionamento existente entre os componentes da imagem e informações contextuais importantes. Todos os tipos de relacionamento identificados nesta classe servem para indicar como um componente está espacialmente localizado em relação a outros, dentro de uma imagem.

“**Conteúdo Semântico**”: representa o conjunto de categorias que descrevem o conteúdo semântico dos objetos da imagem, possibilitando identificar os componentes existentes na imagem. Esta classe contém a descrição das seguintes categorias: Ação (o que os objetos e seres estão fazendo), Espaço (onde está a imagem no espaço), Tempo (tempo linear ou cíclico, datas e períodos específicos, tempos recorrentes), e Finalidade (objetivo de utilização ou armazenamento daquela imagem). Para cada uma destas categorias são documentados a descrição genérica, a descrição específica, e o assunto sobre o qual a imagem trata. A categoria componente é transformada em classe já que possui relacionamentos com outras classes.

Com relação ao Objeto Imagem, é importante salientar, neste modelo, que podem existir versões diferentes para um mesmo objeto, estas versões também são Objetos Imagem. Um objeto imagem só será considerado versão de outro se o seu conteúdo semântico não tiver sido alterado, isto é, se parte da imagem não tiver sofrido nenhuma modificação. Sendo assim, não será necessário efetuar a descrição referente à classe “Conteúdo Semântico” daquele objeto imagem que tiver sido versionado de outro. As informações de conteúdo semântico da versão podem ser obtidas por meio do objeto de onde foi versionado. No caso de versões que sofreram alteração em relação à cor e que perderam algumas características do seu conteúdo semântico, é possível descrever um novo conteúdo semântico para a nova versão. Os objetos imagem podem ainda estar associados a outros objetos imagens.

O auto-relacionamento **associado a** é utilizado para representar a situação em que uma imagem foi modificada (editada). Considere, por exemplo, uma imagem que foi gerada a partir de um pedaço de outra imagem. A nova imagem gerada possuirá conteúdo semântico diferente da imagem da qual foi gerada. Neste caso, o relacionamento existente entre as duas imagens será representado por meio do relacionamento **associado a**. E, os **tipos de associações** serão denominados **parte de** para a imagem que foi gerada a partir da outra, e **composto de** para a imagem que possui em sua composição a imagem gerada.

Além das classes principais que já foram descritas (“Objeto Imagem”, “Conteúdo Semântico” e “Tipo de Relacionamento”), o modelo também prevê outras classes e subclasses que serão descritas a seguir.

A classe “Imagem Original” está associada à classe “Objeto Imagem”, e contém informações sobre a imagem original (fotografia, pintura, gravura, etc.) que passou por um processo de digitalização gerando assim o Objeto Imagem em questão.

A classe “Tipo de Associação” está associada à classe “Objeto Imagem”, e representa a associação existente entre os objetos imagem. Nesta classe, o tipo de associação pode assumir os seguintes valores: composto de (se um objeto imagem é composto de outros objetos imagem), parte de (se ele é parte de um outro objeto imagem), ou derivado de (se ele foi derivado de outro objeto imagem).

A classe “Componente” documenta os componentes da imagem. Podem ser animados e inanimados, objetos e seres concretos. Componente é uma categoria da classe “Conteúdo Semântico”, que foi transformada em uma classe porque possui relacionamento com outras classes. As classes “Representação Posicional” e “Representação Factual” ajudam a descrever os objetos da classe “Componente”.

A classe “Representação Posicional” identifica em que posição está o componente da imagem que pertence a classe “Componente”.

A classe “Representação Factual” identifica o tipo do componente da imagem pertencente a classe “Componente”. A identificação do tipo do componente acontece através das seguintes subclasses da classe “Representação Factual”: “Ser” que identifica o tipo de ser (homem, mulher, fictício), “Reino” que identifica o tipo de reino (reino animal, reino vegetal, reino mineral), “Força da Natureza” que identifica se o componente da imagem é uma manifestação energética e outras vinculadas à natureza, e “Objeto” que identifica se o componente da imagem é um artefato ou manufaturado. Por sua vez, a subclasse “Ser” está associada a outras duas classes que ajudam em sua descrição, a saber:

“Componentes Integrantes” – identificam os componentes considerados integrantes do Ser, isto é, os elementos que entram na composição, fazendo parte da caracterização do Ser;

“Componentes Não Integrantes” – identificam os componentes considerados não integrantes do Ser, como por exemplo, aos componentes que o Ser estiver segurando ou estiverem junto a ele.

3.4 Modelo de Dados do Ambiente da Radiologia Utilizado pelo Padrão DICOM

No decorrer da seção 2.3.2 foram apresentados os formatos para a representação de imagens médicas, o dicionário de dados do DICOM, e o próprio padrão DICOM. Por sua vez, esta seção apresenta a visão dos projetistas do padrão DICOM quanto à estruturação das informações contidas no dicionário de dados conforme o modelo de informação do ambiente da radiologia.

As informações catalogadas no dicionário de dados são agrupadas em entidades reais, existentes no ambiente da radiologia. A identificação das entidades do ambiente da radiologia, e a classificação das informações da imagem de acordo com estas entidades, deram origem ao modelo de dados do DICOM, apresentado na figura 3.5.

A tarefa de modelar as informações da imagem no padrão DICOM surgiu com a necessidade de definir uma interface entre um PACS (Sistemas de Comunicação e Armazenamento de Imagens), os Sistemas de Informação do Hospital (HIS) e da Radiologia (RIS). Este processo de definição forçou que as operações na radiologia fossem modeladas corretamente, de forma a retratar a realidade deste ambiente. A vantagem do uso do modelo utilizado pelo DICOM é que ele mostra tanto os itens de dados necessários para representar o domínio que está sendo modelado, quanto a interação e relacionamento destes itens. Este modelo de dados representa a realidade da radiologia tanto no que diz respeito aos elementos de informação quanto ao fluxo das informações [HOR 00].

A seguir, é apresentado o modelo de dados utilizado pelo padrão DICOM, e na seqüência são descritas as entidades deste modelo.

Convenção do modelo:

Entidade – uma entidade é usada no modelo para representar um objeto do mundo real, classe do objeto do mundo real.

Uma entidade está representada pela figura:

entidade

Relacionamento – define como as entidades estão relacionadas. O relacionamento está representado pela figura:

relacionamento

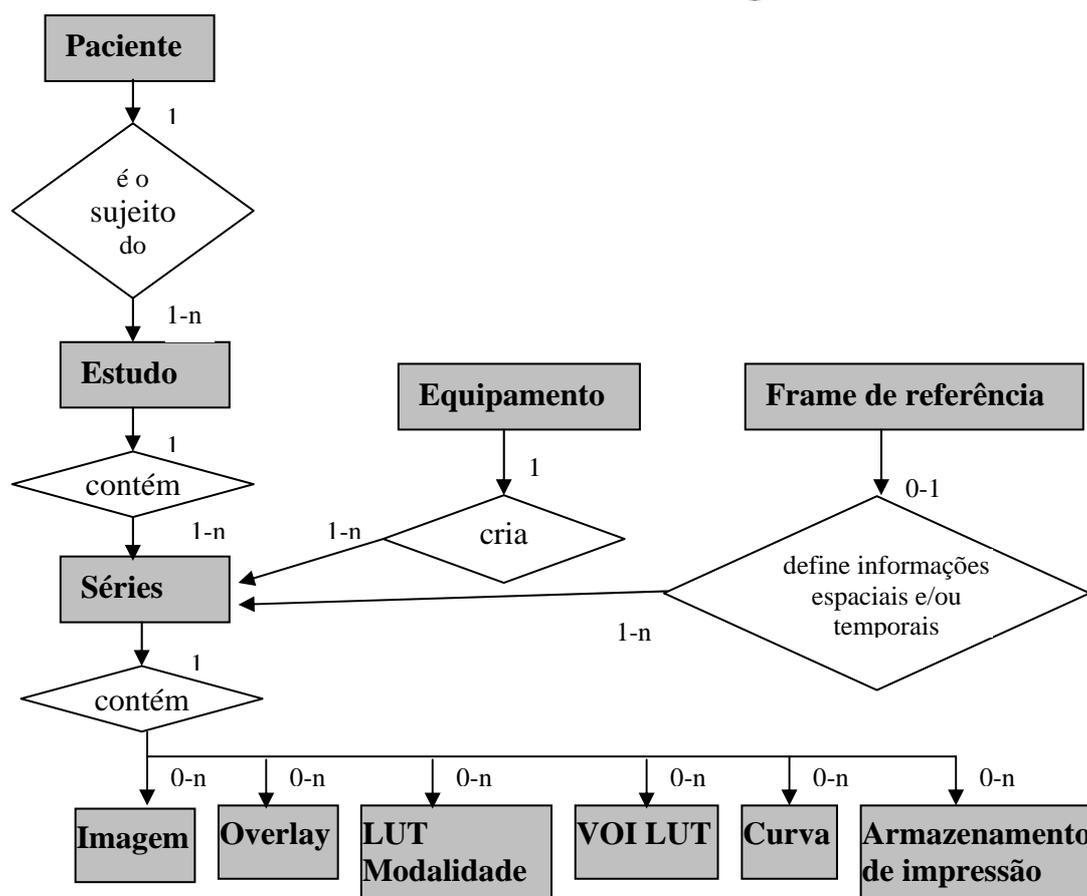


FIGURA 3.5 – Modelo entidade-relacionamento das entidades de informação do DICOM [DIC 99c]

A entidade de informação “Paciente” define as características de um paciente, que é o sujeito de um ou mais estudos médicos, que por sua vez produzem as imagens médicas.

A entidade de informação “Estudo” define as características de um estudo médico realizado em um paciente. O estudo é uma coleção de uma, ou mais, séries de imagens médicas, overlays e/ou curvas que são logicamente relacionados a fim de diagnosticar o paciente. Um estudo pode incluir imagens que estão relacionadas por uma única modalidade, por múltiplas modalidades, ou por múltiplos dispositivos de uma mesma modalidade.

A entidade de informação “Série” define os atributos que são usados para agrupar imagens, *overlays* e/ou curvas. Cada série está associada com um e somente um estudo. O critério de agrupamento das imagens em uma série depende da necessidade clínica de informações sobre as imagens. Estes critérios de agrupamentos das imagens são os seguintes:

- Todas as imagens devem ser de uma mesma modalidade;
- Todas as imagens possuem as mesmas informações sobre o equipamento. Se mudar algum valor dos parâmetros do equipamento que adquire as imagens, então as imagens adquiridas com os novos valores do equipamento darão origem a uma nova série;
- Se as imagens estão associadas a uma entidade de informação “Frame de Referência”, então todas as imagens da série estão associadas com uma e somente uma entidade de informação “Frame de Referência”;
- Todas as imagens dentro de uma série devem ter as mesmas informações de série (ex: parte do corpo examinada, modalidade, descrição da série, nome do operador e etc.).

A figura 3.6 mostra o mapeamento de uma investigação clínica para o modelo de informação.

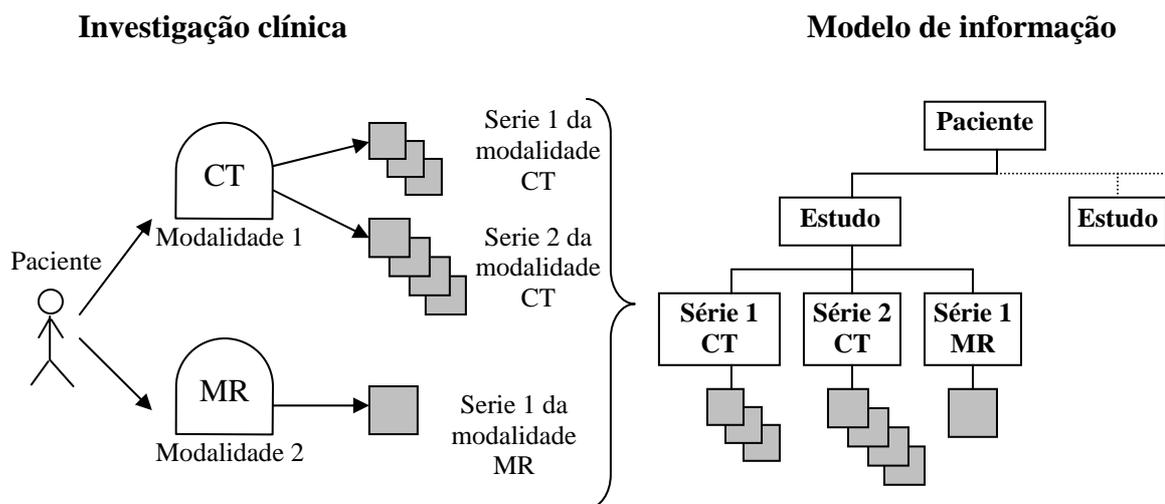


FIGURA 3.6 – Mapeamento de uma investigação clínica para o modelo de informação

A entidade de informação “Frame de Referência” descreve as informações dos relacionamentos temporal e/ou espacial entre as imagens (ex: informa qual é o primeiro *frame*, o último *frame*, e outras informações que permitem a exibição das imagens como um *vídeo*). Esta entidade de informação é usada para descrever relacionamentos de imagens dinâmicas (*multiframes*).

A entidade de informação “Equipamento” descreve as informações relacionadas ao equipamento de aquisição das imagens (ex: nome do fabricante do equipamento, modelo do equipamento, número de série do equipamento, e outras informações sobre o equipamento). Um equipamento pode produzir uma, ou mais, séries de imagens de um estudo. Mas a entidade de informação “Equipamento” não descreve os dados de aquisição, ou os atributos de criação usados na geração da imagem. Estes atributos são descritos na entidade de informação “Imagem”.

A entidade de informação “Imagem” descreve atributos relacionados com a geração da imagem (ex: data e hora de aquisição da imagem, número da imagem, posição da imagem, e outras informações relacionadas com a geração da imagem), atributos relacionados com a formatação da matriz de *pixels* (número de linhas da matriz, número de colunas da matriz, tamanho de cada *pixel*, ordem de seqüência dos bytes, indicação se a imagem possui *overlay* e outras informações), e a própria matriz de *pixels*.

Um plano de *overlay* pode ser representado no formato de um mapa de *bits*, gráficos ou textos, e pode ser usado para indicar informações tais como: regiões de interesse (ROI), marcas de referências e anotações. O plano de *overlay* pode estar associado com uma imagem ou pode ter uma existência própria dentro da série. A entidade de informação “Overlay” descreve os atributos do plano de *overlay* (ex: número de linhas do *overlay*, número de colunas do *overlay*, tipo do *overlay*, e outras informações sobre o plano de *overlay*) e, se o plano de *overlay* estiver associado a uma imagem, descreve as informações necessárias para apresentá-lo sobreposto a esta imagem (ex: localização do primeiro ponto do *overlay* dentro da imagem, posição “número do bit” que contém o valor do *overlay* dentro do *pixel* da imagem, indicador que o *overlay* coincide com a imagem e etc.).

A entidade de informação “Curva” descreve os dados gráficos que são especificados como uma série de pontos conectados, diferentes tipos de linhas. A “Curva” pode ser sobreposta ou não na imagem coincidente. As curvas podem ser usadas para especificar gráficos, regiões de interesse (ROI) e anotações.

A entidade de informação da “LUT da Modalidade” (*Look-up table*) define os atributos que descrevem a transformação dos valores de *pixel* que dependem do fabricante em valores de *pixel* que independem do fabricante.

A entidade de informação “VOI LUT” define os atributos que descrevem a transformação dos valores de *pixel* da modalidade em valores de *pixel* para impressão, exibição, e outras finalidades.

As informações do dicionário do DICOM são os atributos de cada uma destas entidades de informação. E a distribuição das informações do dicionário do DICOM entre as diversas entidades do modelo é feita de acordo com o número do grupo de cada *Tag*. Por exemplo, as informações do grupo 0010 são as informações do paciente (ex: *Tag* (0010 0020)–identificação do paciente, *Tag* (0010 0040)–sexo do paciente); as informações do grupo 0020 são as informações do estudo (ex: *Tag* (0020 0010)–

identificação do estudo, *Tag* (0020 0011)–número de séries no estudo) e assim por diante.

3.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou algumas soluções comerciais e a nível de pesquisa que tratam da descrição de imagens, e que facilitam a recuperação das imagens em banco de dados.

Os dois sistemas comerciais (Oracle e IBM) apresentam soluções para gerenciarem o armazenamento das imagens dentro e fora do banco de dados. Ou seja, as duas propostas gerenciam as imagens armazenadas no banco de dados ou armazenadas fora do banco de dados nos ambientes *on-line* e *near-line* (*juke-box*), mas não gerenciam as imagens no ambiente *off-line* (CD, fitas e outras mídias). E as duas soluções não dão suporte ao formato DICOM.

Os sistemas VIR e QBIC utilizam metadados para descrever características das imagens. Estes sistemas possuem facilidades para extrair características das imagens e para documentar automaticamente estas características no banco de dados. Porém, ambos não se preocupam em definir todas as características da imagem. Pensando no uso de um banco de dados para armazenar e recuperar imagens na prática, o que realmente interessa é a possibilidade de efetuar consultas baseadas em informações referentes ao conteúdo semântico da imagem, e não somente em características como cor, textura e formas predominantes.

O projeto DISIMA visa a construção de um sistema de banco de dados de imagens que possibilita consultas baseadas em conteúdo. Neste projeto, o modelo do DISIMA apresenta uma visão dos dados da imagem em multi-níveis, e representa o conteúdo da imagem sob dois aspectos: informações lógicas dos objetos da imagem (objetos salientes lógicos) e informações físicas dos objetos da imagem (objetos salientes físicos). Mas da mesma forma dos sistemas VIR e QBIC, o DISIMA prevê um conjunto limitado de características para descrever uma imagem. No modelo DISIMA, existem formas de utilizar metadados para imagem, porém não foi proposta de forma explícita uma especificação sistemática dos elementos descritores, ou de suas classificações.

Já o esquema de metadados para documentação e recuperação de imagens não é um produto final como os sistemas VIR e QBIC, e não tem todos os níveis de abstração do modelo DISIMA. O esquema é um modelo de metadados que pode ser utilizado por qualquer solução de armazenamento e recuperação de imagens. Com relação às informações da imagem, este modelo é bem mais abrangente e detalhado que as outras soluções propostas. Pois o modelo possibilita a descrição e recuperação de imagens em banco de dados, levando em consideração informações técnicas e informações de conteúdo semântico. Mas este modelo não é voltado para as imagens do domínio da área médica. Ele foi desenvolvido para descrever imagens estáticas digitais do tipo fotografia, pintura ou gravura. Desta forma, o modelo não descreve especificidades da semântica extraída das imagens médicas.

Por sua vez, o modelo de dados utilizado pelo padrão DICOM, tem o objetivo de descrever os elementos de informação e o fluxo de informação do setor da radiologia, setor onde são geradas e diagnosticadas as imagens médicas. E este modelo define como os metadados encontrados no cabeçalho da imagem se relacionam. Considerando que o

DICOM é um formato padrão para imagens médicas, a estrutura do modelo utilizado pelo DICOM teve forte influência no modelo proposto no próximo capítulo.

4 Um Modelo Conceitual para Representar Imagens Médicas no Formato DICOM

As necessidades de armazenamento e recuperação de imagens médicas foram identificadas através de um estudo de caso realizado no Hospital São Lucas da PUC-RS [MAC 00]. De acordo com este levantamento, as necessidades consistem em guardar um grande volume de imagens médicas, para serem recuperadas posteriormente com base em informações associadas a estas imagens (ex: informações do paciente e do exame), informações obtidas na fase da interpretação das imagens (ex: patologias diagnosticadas e sinais biológicos), ou usando informações visuais que foram anotadas nas imagens por médicos especialistas durante a fase de diagnóstico (ex: regiões de interesse, estatísticas, anotações, medidas de distância e de ângulo).

Como mostra o capítulo 3, na busca de um padrão que pudesse descrever imagens médicas a fim de satisfazer as necessidades acima, verificou-se a inexistência de um modelo conceitual que pudesse descrever este tipo de imagem.

Sendo assim, este capítulo propõe o desenvolvimento de um modelo conceitual de metadados que permite o armazenamento, a descrição e recuperação de imagens médicas estáticas no formato DICOM. Além de suprir as necessidades relacionadas acima, o modelo proposto viabiliza, através de metadados, os seguintes itens: a documentação de imagens estáticas de maneira automática, ou com pouca intervenção do usuário, o gerenciamento da localização física das imagens nos ambientes *on-line*, *near-line* e *off-line*, e viabiliza o acompanhamento e o estudo de patologias.

A próxima seção descreve as características gerais do modelo proposto. A seção 4.2 apresenta a especificação do modelo conceitual para imagens médicas proposto. A seção 4.3 descreve possibilidades otimizadas para carregar as informações das imagens para um banco de dados, e apresenta uma proposta de gerenciamento automático da localização física das imagens. Para finalizar, são apresentadas algumas considerações finais referentes a este capítulo.

4.1 Características Gerais do Modelo Proposto

Segundo Del Bimbo [DEL 99b]: “A recuperação da informação visual envolve a recuperação de diferentes tipos de informações que estão associadas com as imagens ou vídeos”. Segundo este mesmo autor, os tipos de informações que estão associadas com a imagem são os seguintes [DEL 99b] página 2:

- **Metadados independentes do conteúdo** (*content-independent metadata*) – informações que não estão referenciadas na imagem mas estão de alguma maneira relacionadas com ela (ex: nome, data, etc.);
- **Metadados descritivos do conteúdo** (*content-descriptive metadata*) – informações descritivas do conteúdo da imagem, sob o ponto de vista semântico (ex: emoções, descrição de cenas, etc.);
- **Metadados dependentes do conteúdo** (*content-dependent metadata*) – informações descritivas do conteúdo físico da imagem (ex: cor, textura, forma, etc.).

Visando suprir as necessidades de armazenamento e recuperação de imagens médicas descritas no início deste capítulo, e considerando os diferentes tipos de informações que podem estar associadas com as imagens, segundo a classificação de Del Bimbo, o modelo proposto está dividido em três módulos, que estão descritos a seguir.

4.1.1 Modulo 1 – Informações Associadas ao Exame

O primeiro módulo do modelo descreve as informações complementares da imagem (**metadados independentes do conteúdo**), para permitir a recuperação das imagens com base em informações associadas aos exames.

As informações contidas nas classes deste módulo visam a recuperação da imagem com base em dados tais como: dados do paciente, modalidade do exame, suspeita clínica e outros.

Normalmente a recuperação das imagens através destes dados tem a finalidade de revisar as imagens para sanar dúvidas, recuperar as imagens dos exames do paciente para fins legais, enviar as imagens pela rede, reavaliar laudos e reimpressão dos filmes.

4.1.2 Modulo 2 – Informações Associadas à Interpretação das Imagens

O segundo módulo do modelo descreve as informações obtidas na fase da interpretação das imagens (ex: patologias diagnosticadas e sinais biológicos). Estas informações descrevem o conteúdo da imagem, sob o ponto de vista semântico (**metadados descritivos do conteúdo**).

As classes deste módulo instanciam objetos associados ao diagnóstico médico, e as informações contidas nas classes deste módulo registram a interpretação das imagens realizada por médicos especialistas.

As informações registradas neste módulo têm a finalidade de recuperar imagens com base em informações semânticas associadas ao diagnóstico médico das imagens, permitir o acompanhamento dos diferentes diagnósticos atribuídos para um mesmo exame, permitir a avaliação dos processos de diagnóstico do departamento, permitir a análise comparativa dos sinais biológicos identificados nas patologias diagnosticadas, permitir o estudo de patologias e conseqüentemente, auxiliar em diferentes tipos de pesquisas médicas.

4.1.3 Modulo 3 – Informações Anotadas e /ou Contidas nas Imagens Físicas

O terceiro módulo do modelo descreve tanto informações descritivas do conteúdo da imagem no nível físico/sintático da imagem (*pixels*/combinações de informações extraídas dos *pixels*, por exemplo: intensidades dos *pixels*, coordenadas dos *pixels*, ROIs e histogramas), quanto informações descritivas do conteúdo semântico da imagem (ex: anotações textuais anotadas na imagem física). Desta forma, este módulo permite tanto a recuperação das imagens com base no conteúdo semântico anotado na imagem (**metadados descritivos do conteúdo**), quanto a recuperação baseada no conteúdo físico das imagens (**metadados dependentes do conteúdo**)- ou seja, informações que dependem dos valores e das coordenadas dos *pixels* na imagem (ex: estatísticas dos ROIs, medidas de ângulo e medidas de distância).

As informações descritas neste módulo visam recuperar imagens com base nas anotações localizadas na própria imagem que, por sua vez, ajudam na interpretação das mesmas e em pesquisas médicas. A recuperação destas informações permite aos médicos comparar exames antigos com exames novos, avaliar a evolução de uma patologia, bem como comparar exames de um paciente com exames de outro paciente para ajudar no diagnóstico.

4.2 Especificação do Modelo

O modelo proposto neste trabalho serviu como base para a implementação de um sistema protótipo que possibilita a descrição e a recuperação de imagens DICOM. Com a implementação do sistema protótipo, surgiu a possibilidade da criação de um software de baixo custo, a partir deste sistema. Por esta razão, o modelo, o código fonte do sistema protótipo, e a descrição das classes e métodos desenvolvidos em JAVA não constam deste documento (i.é da versão final da dissertação). O modelo e o código fonte do sistema foram depositados pela UFRGS, através do Escritório de Interação e Transferência de Tecnologia (EITT), no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), sob o número de protocolo 00043990. O documento completo desta dissertação encontra-se sob os cuidados do Escritório de Interação e Transferência de Tecnologia (EITT) da UFRGS.

4.3 Carregando os Dados da Imagem DICOM para o Banco de Dados

A carga dos dados das imagens consiste em descrever formas de popular o banco de dados com os metadados das imagens definidos no modelo. A idéia principal desta seção é mostrar possibilidades otimizadas de descrever as imagens no banco de dados através dos três módulos do modelo, com pouca ou nenhuma intervenção humana durante o processo de documentação dos dados.

Também fazendo parte da documentação da imagem, esta seção apresenta uma proposta de gerenciamento automático da localização das imagens. Esta proposta permite a administração dos recursos disponíveis para o armazenamento e, também, mantém o banco de dados informado sobre a localização de cada imagem.

Nos itens a seguir são discutidos, respectivamente, a carga das informações dos três módulos do modelo para o banco de dados, e o gerenciamento da localização das imagens.

4.3.1 Carga das Informações Associadas ao Exame

Como comentado na seção 2.3.2 deste trabalho, entre as muitas contribuições alcançadas pelo ACR-NEMA, precursor do padrão DICOM, encontra-se um dicionário de dados que documenta as informações técnicas da imagem, bem como as informações associadas à imagem. Então, todo o equipamento de exame que estiver em conformidade com o padrão DICOM, disponibiliza as informações da imagem utilizando os seguintes recursos: o dicionário do DICOM, a estrutura lógica do DICOM (figura 2.9), a estrutura do grupo de dados, e o elemento de dados do DICOM (figura 2.6).

No padrão DICOM, cada elemento de dado que consta no cabeçalho de uma imagem possui um identificador único (*tag*). E, para cada propriedade das classes do primeiro módulo do modelo existe um elemento de dado com a informação correspondente. Desta forma, a carga das informações da imagem correspondentes ao primeiro módulo do modelo, pode ser feito de forma automática através da extração das informações dos elementos de dados do formato DICOM.

Para extrair as informações dos elementos de dados do DICOM é necessário considerar dois aspectos. Primeiro, as informações disponíveis no cabeçalho da imagem variam conforme o nível de conformidade do equipamento do exame com o padrão DICOM, ou seja, algumas *tags* poderão não estar presentes no cabeçalho. Segundo, a posição de cada elemento de dado no cabeçalho é variável, depende das *tags* que foram implementadas e do tamanho do conteúdo da informação de cada *tag*. Sendo assim, para extrair as informações associadas ao exame e carregá-las para o banco de dados é necessário percorrer o cabeçalho da imagem, observando o tamanho do conteúdo de cada elemento de dado, e identificando através das *tags* as informações necessárias.

4.3.2 Carga das Informações Associadas à Interpretação das Imagens

O processo de interpretação das imagens é realizado por médicos especialistas em diagnóstico por imagem. Este processo é realizado através da visualização e análise humana das imagens do estudo. Desta forma, faz-se necessário a implementação de uma interface que permita ao médico especialista documentar a sua interpretação das imagens.

Segundo a visão dos especialistas em diagnóstico por imagem do CDI (Centro de Diagnóstico por Imagem) do Hospital São Lucas da PUC-RS, a interface deve proporcionar ao médico especialista as seguintes facilidades: inserir as diversas patologias diagnosticadas durante a interpretação, escolher os sinais biológicos observados nas patologias, e associar, se for o caso, as imagens que melhor identificam cada patologia. Para inserir as patologias, a interface deve disponibilizar a escolha da doença, segundo a tabela do CID, e se for de interesse do departamento de radiologia, deve disponibilizar também, as informações de região anatômica e patologias descritas pelo índice de diagnóstico do ACR.

4.3.3 Carga das Informações Anotadas nas Imagens

Da mesma forma descrita no item 4.3.1, a carga das informações anotadas nas imagens pode ser feita de forma automática através das informações disponíveis no formato DICOM. No DICOM, as informações anotadas na imagem ficam registradas na entidade de informação “Overlay”, ou na entidade de informação “Curva”, entidades descritas na seção 3.4. Tanto as informações do “Overlay” como as informações da “Curva” podem estar codificadas na mesma matriz de *pixels* da imagem, ou em uma matriz de *pixels* em separado: *tags* distintas para “Overlay” e para “Curva”. Normalmente, os fornecedores dos equipamentos implementam as informações do “Overlay” junto a matriz de *pixels* das imagens, e dificilmente implementam as anotações da imagem na entidade “Curva”.

Mas independente de onde estejam codificadas as informações anotadas na imagem, no plano de “Overlay” ou da “Curva”, o dicionário do DICOM disponibiliza elementos de dados com *tags* específicas para descrever estas informações. Desta forma, a carga das informações anotadas na imagem correspondentes ao terceiro

módulo do modelo, pode ser feito de forma automática através da extração das informações dos elementos de dados do formato DICOM.

A seguir são relacionadas algumas *tags* que identificam os metadados do “Overlay” e da “Curva”.

TABELA 4.1 – Exemplos de *tags* do dicionário do DICOM que identificam os metadados do “Overlay” e da “Curva”

OVERLAY		CURVA	
TAG-overlay	Descrição da tag	TAG-overlay	Descrição da tag
(60xx 0022)	Observação sobre o overlay	(50xx 0022)	Tipos de dados da curva ROI= região de interesse
(60xx 1301)	Área da região de interesse		HIST= histograma POLY= linha
(60xx 1302)	Intensidade média da região de interesse (densidade)		
(60xx,1303)	Desvio padrão da região de interesse	(50xx 0010)	Número de pontos da curva
		(50xx 0110)	Formato da curva

Embora o dicionário do DICOM disponibilize *tags* para descrever os metadados do “Overlay” e da “Curva”, esta facilidade pode não ser implementada por muitos fornecedores. Isto é, o padrão DICOM não exige que este nível de conformidade do padrão tenha que ser implementado. Um exemplo desta situação é a imagem obtida através dos equipamentos do fornecedor Siemens. Este fornecedor implementa as anotações da imagem através das informações do “Overlay”, codificadas na mesma matriz de *pixels* da imagem (*tag* 7FE0 0010). Mas este fornecedor não utiliza todas as *tags* disponíveis para documentar as anotações, ou seja, mantém parcialmente a conformidade com o padrão DICOM [SIE 98].

Considerando a possibilidade das informações anotadas na imagem não estarem disponíveis no cabeçalho da imagem DICOM, o presente trabalho apresenta três outras alternativas para extrair estas informações da imagem e carregá-las para o banco de dados, são elas:

4.3.3.1 Carga das Informações Anotadas na Imagem com Base nas Informações Especificadas pelo Fornecedor

O padrão DICOM possibilita que os fornecedores dos equipamentos utilizem a estrutura do elemento de dados do DICOM para descrever informações particulares do próprio fornecedor. Pois o dicionário do DICOM só utiliza, por convenção, as *tags* de números pares, e disponibiliza as *tags* ímpares para identificar informações particulares do criador da imagem. Desta forma, as informações do fornecedor do equipamento poderão fazer parte do cabeçalho da imagem DICOM.

Considerando o caso particular do fornecedor Siemens, as estatísticas da região de interesse, bem como as anotações e medidas que ficam registradas no “Overlay” da imagem (exibidas no quadrante superior direito da imagem), podem ser obtidas através de *tags* particulares do fornecedor Siemens. Um exemplo de uma imagem DICOM deste fornecedor é apresentado na figura 4.1 e o conteúdo da *tag* (6021 1010), *tag* particular da Siemens, é apresentado na figura 4.2.

A *tag* (6021 1010), figura 4.2, apresenta em seu conteúdo informações não visíveis (representadas por linhas pontilhadas), informações visíveis e sem importância para a documentação da imagem, e informações visíveis e relevantes para a documentação das informações anotadas na imagem. As informações não visíveis estão representadas por uma seqüência de pontos (linha pontilhada) que correspondem a informações que estão codificadas em hexadecimal pelo fornecedor do equipamento, e para extrair estas informações é necessário que o fornecedor libere a estrutura de codificação destas informações. Mas as informações relevantes para a documentação das informações anotadas na imagem estão visíveis (informações em destaque), e correspondem a anotação e as estatísticas dos ROIs anotados na imagem.

Com a apresentação das figuras anteriores, figuras 4.1 e 4.2, pode-se observar que a implementação desta alternativa é viável, através da extração do conteúdo da *tag* (6021 1010) que estão em destaque. Por outro lado, esta alternativa implica em total dependência das informações e implementações de um determinado fornecedor. Desta forma, torna-se uma solução muito particular para equipamentos e *softwares* de um fornecedor e, assim, não pode ser estendida para outros *softwares* e equipamentos.

4.3.3.2 Carga das Informações Anotadas na Imagem Através de Softwares de Processamento de Imagens DICOM

Como já mencionado na seção 2.4 deste trabalho, existem vários *softwares* que permitem visualizar e processar imagens no formato DICOM. E, alguns destes *softwares* são de distribuição gratuita. Entre as facilidades de processamento de imagens apresentadas por estes *softwares* está a possibilidade de extrair informações da imagem com base na interação do usuário. Ou seja, se o usuário traçar uma reta o *software* informa a medida de distância da reta, coordenadas da reta e respectivas intensidades; se o usuário traçar duas retas o *software* devolve a medida de ângulo entre as retas; se o usuário selecionar uma região de interesse o *software* disponibiliza a forma do contorno da região de interesse, informa as estatísticas da região, histogramas, coordenadas do ROI, e o usuário tem a possibilidade de registrar anotações nas imagens.

Além de permitir este tipo de processamento, alguns *softwares* permitem que as informações extraídas sejam armazenadas em um arquivo texto. E, ainda, permitem que o seu código fonte seja alterado com a finalidade de adaptar-se a necessidade do usuário.

Considerando estas facilidades, este trabalho propõe a alternativa de mapear as informações anotadas na imagem através de *softwares* de processamento de imagens. Para exemplificar esta alternativa, dois *softwares* que apresentam as facilidades expostas acima são descritos no anexo deste trabalho.

4.3.3.3 Carga das Informações Anotadas na Imagem Através de Softwares de OCR

Os *softwares* de OCR (Reconhecimento de Caracteres Ópticos) têm a habilidade de transformar caracteres que estão em imagens em texto editável. Assim, uma das alternativas para a carga das informações anotadas na imagem é a de utilizar um *software* de OCR para extrair as informações textuais que estão na camada de *overlay* da imagem.

A figura 4.4 mostra que as informações de estatísticas da região de interesse bem como as anotações e medidas ficam registradas no *overlay* da imagem, e são exibidas no quadrante superior direito da imagem. Então, a proposta desta alternativa é extrair os

textos que estão na camada de *overlay* e, com estas informações atualizar o banco de dados.

Como nas alternativas anteriores, o *software* de OCR também precisa ser estendido. Neste caso, o *software* precisa ser implementado para entender a estrutura do texto e atualizar de forma automática o banco de dados. Além desta implementação, é necessário preparar a imagem antes de usar o OCR, isto é, o *software* de OCR processa textos que estão com o fundo branco e letras pretas. Desta forma, faz-se necessário separar a camada de *overlay* da imagem e trocar as cores do texto.

Para separar a camada de *overlay* da imagem e trocar as cores do texto, deve-se levar em conta a estrutura de armazenamento do *overlay* codificado na matriz de *pixel* da imagem DICOM. A figura 4.3 exemplifica a estrutura do armazenamento do *overlay* dentro da imagem.

O exemplo abaixo está considerando imagens que possuam 16 bits alocados para conter a informação de um *pixel* da imagem mais *overlay*, *tag* (0028 0100), e 12 *bits* para o armazenamento da informação de um *pixel* da imagem, *tag* (0028 0101). Neste caso, a informação do *overlay* está armazenada nos *bits* 12,13,14 e 15, e nas posições de 0 (zero) a 11 está armazenada a intensidade do *pixel* da imagem.

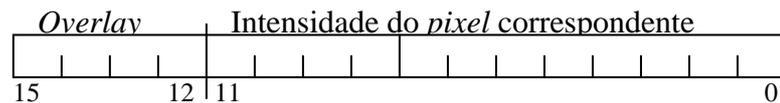


FIGURA 4.3 – Exemplo da estrutura de armazenamento de um *pixel* com *overlay*

Considerando esta estrutura de armazenamento, a imagem pode ser separada do *overlay* da seguinte forma: se as posições do *overlay*, posições de 12 a 15, forem zeradas a imagem retorna ao seu estado original, sem o *overlay*. Se as posições da intensidade do *pixel*, posições de 0 a 11, forem zeradas a imagem desaparece e ficam só as informações do *overlay*. Mas desta forma, as informações do *overlay* estarão com a cor branca e o fundo estará preto. Então, para que o *overlay* fique na cor preta e o fundo na cor branca, é necessário inverter as informações. Logo, as posições do *overlay* devem ficar zeradas e os *bits* correspondentes a intensidade do *pixel* devem ser preenchidos com "1". Assim, as informações textuais do *overlay* podem ser reconhecidas pelo *software* de OCR.

A seguir são apresentadas duas imagens: a imagem DICOM original com *overlay*, e a imagem DICOM após o processamento descrito acima.

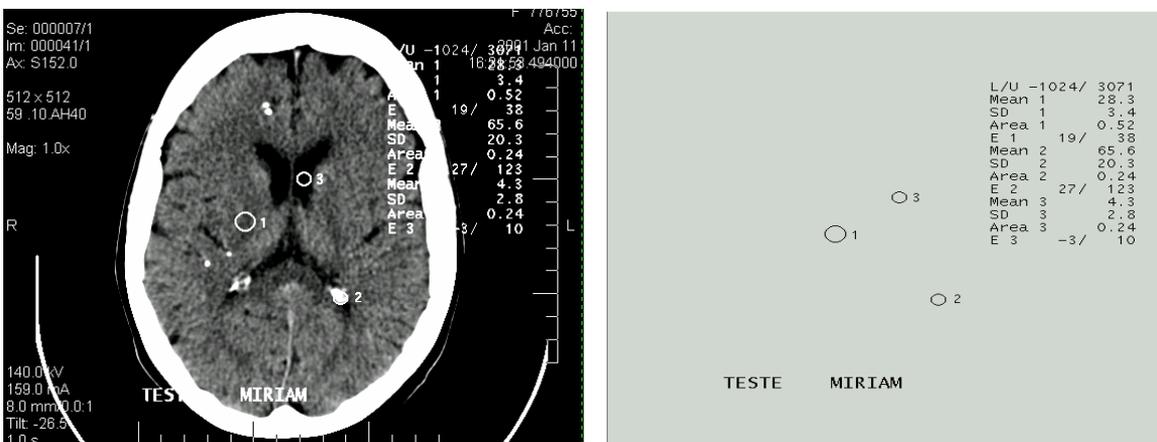


FIGURA 4.4 - Exemplo de imagem DICOM com *overlay* e imagem DICOM somente com *overlay*

Como nas alternativas anteriores, além da aquisição do *software* de OCR, esta alternativa também necessita acrescentar novas funcionalidades ao *software* de OCR para ser automatizada.

4.3.4 Gerenciamento da Localização Física das Imagens no Modelo Proposto

Uma das dificuldades encontrada para a implementação do armazenamento e recuperação de imagens em banco de dados está no grande volume de dados das imagens médicas. Como mencionado na seção 2.2.2, uma imagem de tomografia ocupa 512 x 512 x 2 *bytes* e, normalmente, em cada exame são geradas aproximadamente 25 imagens (fatias) [RHO 97]. Se por um lado existe a necessidade de guardar as imagens por vários anos, devido às exigências legais e de pesquisas médicas [MAC 00]. Por outro lado, é economicamente inviável para muitas instituições manter este volume de dados armazenados no ambiente *on-line* por muito tempo.

Considerando a necessidade de armazenar imagens por vários anos e a dificuldade de manter estas imagens no ambiente *on-line* por muito tempo, o presente trabalho propõe o gerenciamento automático da localização física das imagens baseado no modelo descrito anteriormente.

O gerenciamento aqui proposto se caracteriza por automatizar o armazenamento e a distribuição de imagens nos ambientes *on-line*, *near-line* e *off-line*, e por colaborar na recuperação das mesmas. O processo de armazenamento e distribuição das imagens é um processo adaptável aos recursos de armazenamento do usuário. Isto é, este processo administra o volume das imagens armazenadas nos ambientes *on-line*, *near-line* e *off-line* considerando a área disponível para este armazenamento, e mantém o banco de dados informado sobre a localização de cada imagem. Já o processo de recuperação das imagens permite a recuperação das imagens *on-line* e *near-line* de maneira automática, e agiliza a recuperação das imagens *off-line*.

A seguir, o trabalho descreve uma proposta de armazenamento e distribuição automática das imagens nos três ambientes de armazenamento (*on-line*, *near-line* e *off-line*), e na seqüência apresenta o processo de recuperação das imagens armazenadas.

4.3.4.1 Armazenamento e Distribuição das Imagens nos Ambientes *On-line*, *Near-line* e *Off-line*

No ambiente de radiologia, o processo de gerenciamento da localização da imagem inicia-se no término da realização de um exame. Pois ao finalizar um exame, o operador da modalidade solicita ao médico responsável que analise as imagens obtidas. Neste momento, o médico decide se as imagens têm boa qualidade para o diagnóstico, ou se serão necessárias outras séries de imagens. E, também, neste momento o médico descarta imagens que não são de boa qualidade, ou que não terão significado para o estudo.

Após este processo de triagem das imagens, este trabalho propõe que as imagens de boa qualidade para o diagnóstico sejam enviadas para área especificada no modelo como “localização base”, e a partir desta etapa inicia-se o processo de gerenciamento automático da localização das imagens.

A próxima etapa se caracteriza pela carga automática dos dados da imagem para o banco de dados, e armazenamento das imagens DICOM no ambiente *on-line*. Mas considerando a dificuldade de manter estas imagens no ambiente *on-line* por muito tempo, o modelo permite que as imagens de estudos mais antigos e já diagnosticados sejam distribuídas nos ambientes *near-line* e *off-line*.

O procedimento de distribuição das imagens pode ser iniciado por uma iniciativa do usuário, ou pelo sistema operacional, em horários pré-determinados pelo usuário. Para determinar estes horários faz-se necessário observar os períodos de menor fluxo de imagens a serem armazenadas. Pois os períodos de menor concentração de acesso ao banco, consultas e atualizações, são os horários mais indicados para o processamento desta rotina.

Segundo a experiência de alguns pesquisadores da Universidade de Vitória no Canadá [FIS 88], o fluxo de aquisição de imagens ocorre no período das 7:00 até as 24:30, e no período das 3:30 as 4:00. E, como mostra o gráfico a seguir, dentro destes períodos existem períodos de maior concentração de aquisição das imagens, são eles: 10:30 as 11:30 e 13:30 as 14:30.

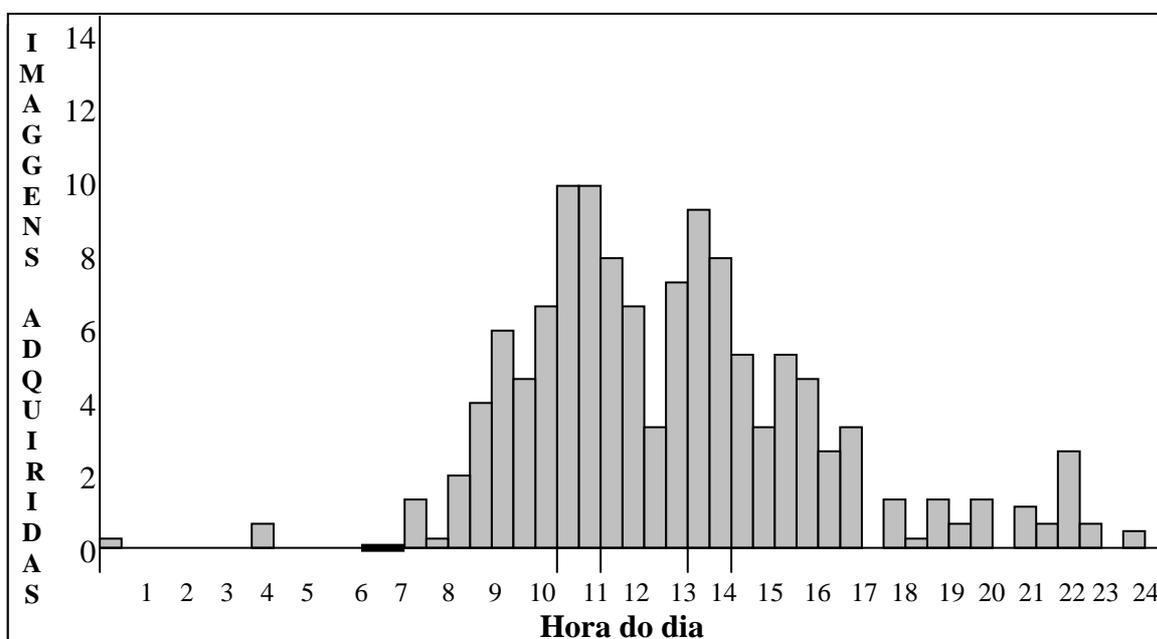


FIGURA 4.5 – Distribuição diária do volume de imagens adquiridas num período de 10 dias num ambiente de radiologia no *Victoria General Hospital* [FIS 88]

Além de identificar os períodos de maior concentração da aquisição das imagens, o gráfico da figura 4.5 também permite identificar os períodos de baixo fluxo de aquisição, e os períodos de ausência do fluxo de aquisição das imagens. Estas informações combinadas com as particularidades de cada instituição, podem ajudar na decisão dos melhores momentos para executar o procedimento que distribui as imagens nos ambientes *on-line*, *near-line* e *off-line*.

No processo de transferência das imagens do ambiente *on-line* para os ambiente *near-line* e *off-line*, as imagens são classificadas por ordem de data da imagem, ou data de recuperação, se esta existir, e são transferidas, uma a uma, para o ambiente *near-line*. Imagens pertencentes a estudos que ainda não foram diagnosticados permanecem no ambiente *on-line*. As imagens são transferidas até que a área disponível para o ambiente *on-line* atinja o limite especificado. Se o ambiente *near-line* não existir, as imagens são

transferidas diretamente para o ambiente *off-line*. Se a imagem a ser transferida possui data de recuperação, ou seja, é uma imagem que já existe no ambiente *off-line*, a imagem não é transferida e sim excluída do ambiente *on-line*.

Toda a movimentação realizada com a imagem (*on-line* para *near-line* ou *off-line*, *near-line* para *off-line*, e *off-line* para *on-line*) deve ser registrada no banco de dados. Desta forma, o banco de dados tem o conhecimento completo da localização das imagens.

Com a finalidade de otimizar a ocupação do ambiente *on-line* com as imagens mais significativas para o usuário, o processo de distribuição das imagens também considera as particularidades de cada instituição para o armazenamento no ambiente *on-line*. Para exemplificar melhor o uso desta informação no gerenciamento da localização são apresentadas, a seguir, três opções:

Opção 1 : mantém no ambiente *on-line* as imagens mais atuais e as imagens de estudos que ainda não foram diagnosticadas.

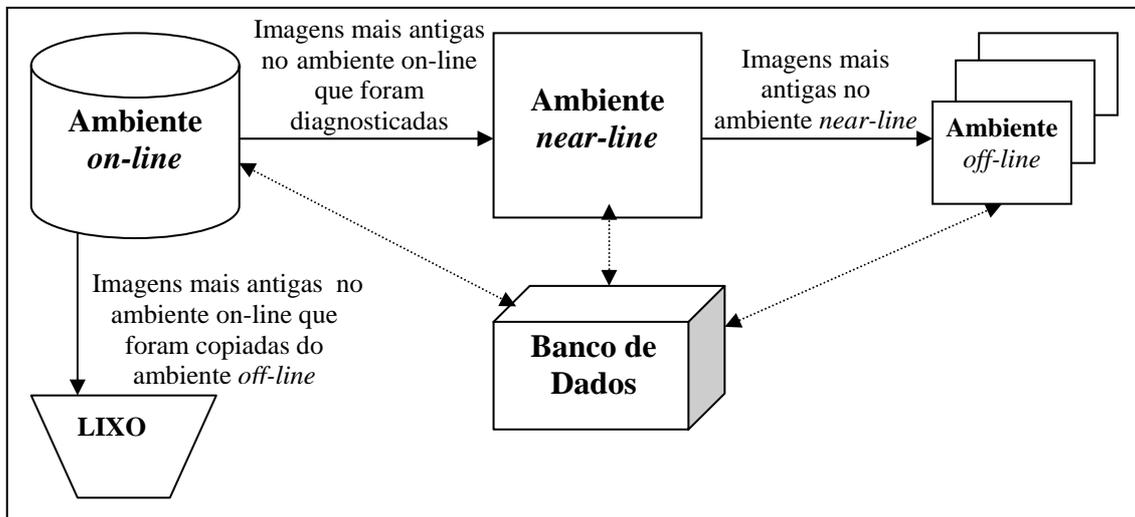


FIGURA 4.6 – Gerenciamento da localização das imagens conforme 1º opção do armazenamento *on-line*

Opção 2 : mantém no ambiente *on-line* as imagens mais atuais, que pertencem a estudos que possuem alguma patologia, e as imagens de estudos que ainda não foram diagnosticados. Nesta opção, imagens pertencentes a estudos com diagnóstico normal não permanecem no ambiente *on-line*, são transferidas diretamente para o ambiente *off-line*.

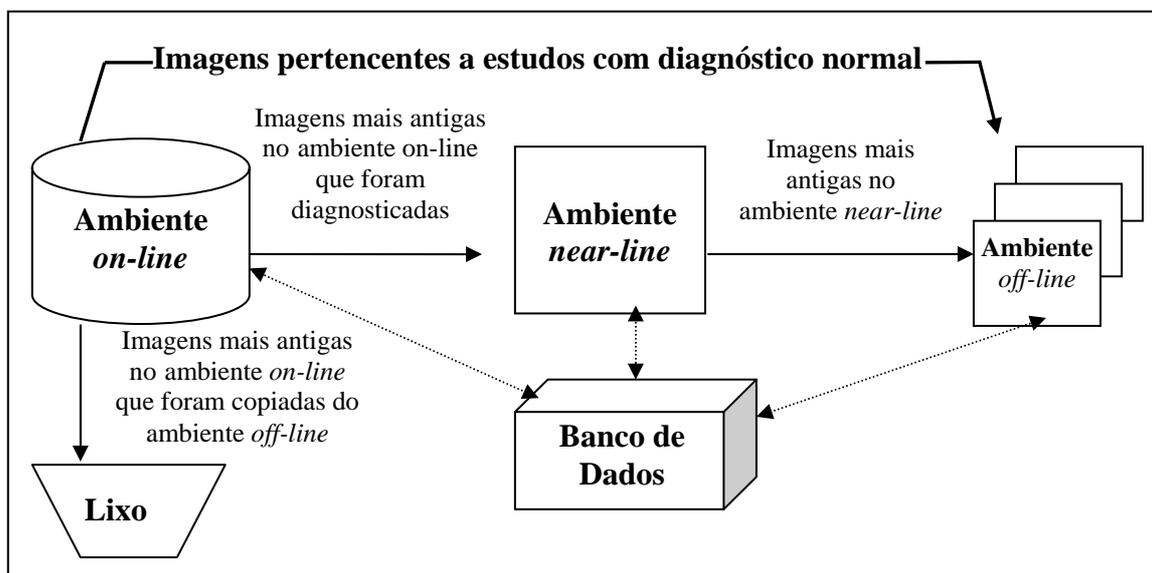


FIGURA 4.7 – Gerenciamento da localização das imagens conforme 2º opção do armazenamento *on-line*

Opção 3 : mantém no ambiente *on-line* as imagens mais atuais, que estão associadas com alguma patologia diagnosticada no respectivo estudo, e as imagens de estudos que ainda não foram diagnosticados. Nesta opção, imagens que não estão associadas com alguma patologia diagnosticada não permanecem no ambiente *on-line*, são transferidas diretamente para o ambiente *off-line*.

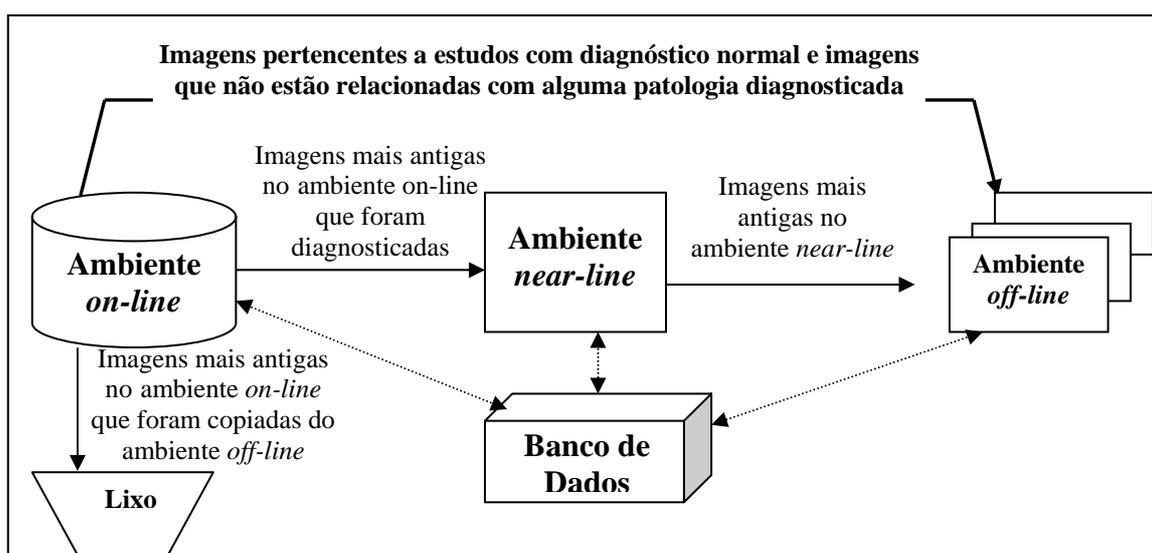


FIGURA 4.8– Gerenciamento da localização das imagens conforme 3º opção do armazenamento *on-line*

4.3.4.2 Recuperação das Imagens

Com as especificações do modelo proposto, a recuperação das imagens pode ser feita com consultas diretas ao banco de dados, pois o banco de dados tem o conhecimento completo da localização da imagem. Como as imagens armazenadas nos diferentes ambientes mantiveram seu formato DICOM na íntegra, elas podem ser visualizadas por qualquer visualizador DICOM disponível e, ainda, podem ser visualizadas nas estações de trabalho dos equipamentos.

A recuperação de imagens disponíveis no ambiente *on-line* deve acontecer em tempo real. Já a recuperação de imagens que estão no ambiente *near-line* não é em tempo real. Segundo uma experiência do Instituto do Coração de São Paulo (InCor) [FUR 99], são necessários 3 minutos para recuperar imagens de exames de cineangiografia armazenadas durante três anos em mídias *near-line*. E, por último, a recuperação de imagens disponíveis no ambiente *off-line* não é em tempo real, e depende da intervenção de um operador. O fato da recuperação das imagens *off-line* necessitar da intervenção de um operador acarreta um tempo bem maior para obter as imagens do que nos outros ambientes (*on-line* e *near-line*), e gera a necessidade de comunicação entre o procedimento de recuperação e o ambiente operacional.

Considerando a dificuldade no acesso às imagens *off-line*, este trabalho propõe um procedimento, com pouca intervenção humana, que copia as imagens *off-line* requisitadas na consulta, para o local indicado pelo usuário. E, visando agilizar consultas futuras a estas imagens, o usuário também pode optar por recuperar as imagens para o ambiente *on-line*.

O procedimento de recuperação das imagens *off-line* consiste em enviar para um diretório do ambiente operacional, ou para o endereço eletrônico do operador, a requisição de cópia de imagens que estão no ambiente *off-line* para o endereço indicado pelo usuário, e/ou para o ambiente *on-line*. Esta requisição pode ser uma simples solicitação de serviço, ou um procedimento pronto para ser executado. Nesta requisição devem constar as seguintes informações: número de protocolo, local indicado pelo usuário para a cópia das imagens, localização *on-line* das imagens, endereço eletrônico do usuário, identificação das imagens necessárias para a recuperação, e suas respectivas localizações no ambiente *off-line*. Ao terminar a cópia das imagens, o procedimento envia uma mensagem para o usuário informando o término da recuperação das imagens.

A seguir é apresentado o esquema de recuperação das imagens requisitadas.

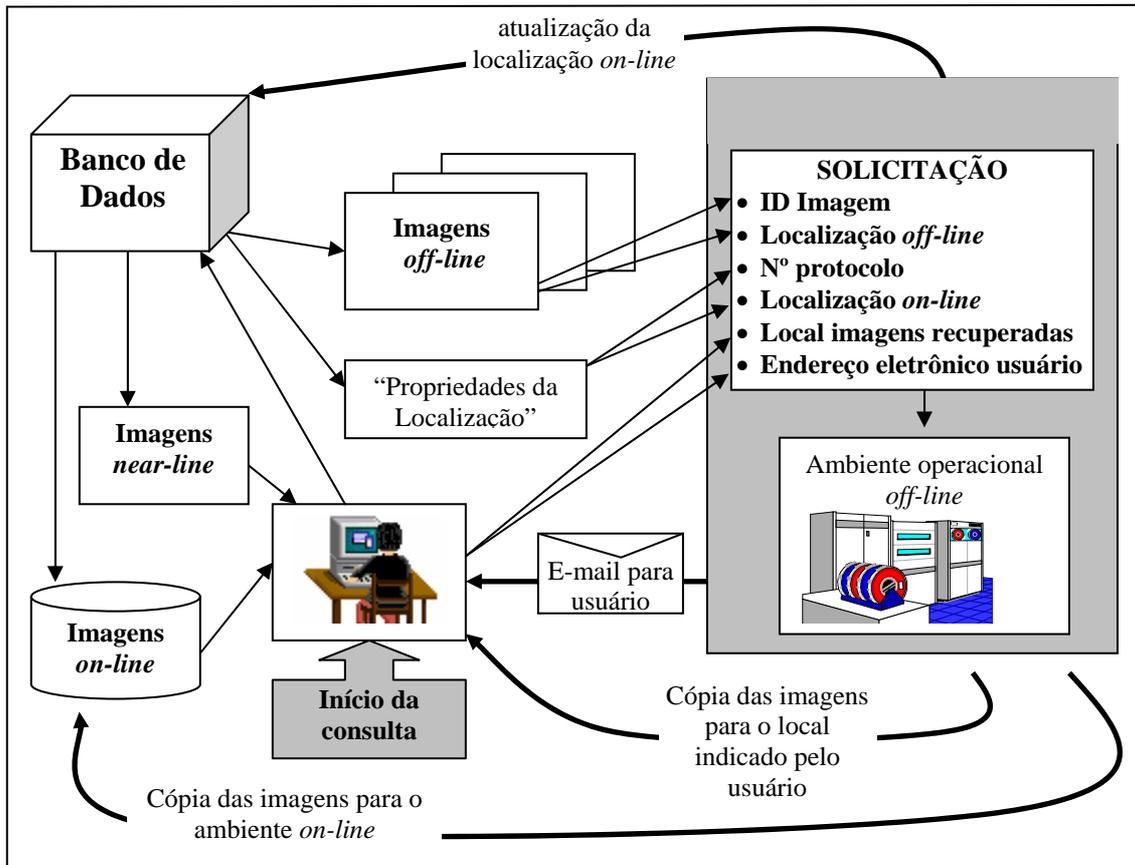


FIGURA 4.9 – Esquema de recuperação das imagens

4.4 Considerações Finais

No desenvolvimento da solução proposta neste capítulo, os capítulos 2 e 3 deste trabalho foram de grande importância. O capítulo 2 ajudou a identificar as características das imagens estáticas, e a semântica possível de ser extraída de imagens estáticas no domínio da medicina como: raios X, tomografia e ressonância magnética. O estudo do capítulo 2, também, veio a confirmar a importância do uso do DICOM na solução proposta. E, por fim, através dos *softwares* de processamento e análise apresentados no capítulo 2, foi possível identificar que tipos de informações são inseridos na imagem, quanto a extração de medidas (distâncias, ângulos e estatísticas dos ROI) são relevantes no diagnóstico, e como pode ser feita a carga automática destas informações para o banco de dados.

Por sua vez, o capítulo 3, através das soluções comerciais, ajudou a propor um modelo que permite o armazenamento de imagens por um longo período de tempo por meio do gerenciamento da localização da imagem nos ambientes *on-line*, *near-line* e *off-line*. Os sistemas VIR, QBIC, DISIMA, e o modelo de metadados desenvolvido para documentar e recuperar imagens do tipo fotografia, pintura ou gravura permitiram visualizar maneiras de representar o conteúdo da imagem, visando o armazenamento e recuperação das mesmas.

O modelo proposto neste capítulo viabiliza uma representação sistemática dos elementos descritores de imagens médicas estáticas, incluindo elementos para descrever

as informações associadas à imagem (metadados independentes do conteúdo), informações semânticas extraídas por médicos especialistas em diagnóstico por imagem (metadados descritivos de conteúdo), informações anotadas e/ou contidas na imagem (metadados dependentes do conteúdo e metadados descritivos de conteúdo), e informações sobre a localização das imagens.

Visando diferentes níveis de necessidades das instituições que provêm diagnóstico médico por imagem, o modelo é apresentado em 3 módulos. Com a implementação do módulo 1, é possível a utilização do modelo para armazenar e recuperar imagens pelos dados associados ao exame. Através da implementação do módulo 2, é possível a recuperação das imagens por informações relacionadas aos diagnósticos obtidos com as imagens. Também com as informações do segundo módulo, é possível realizar estudos de patologias, e fazer um acompanhamento dos diagnósticos realizados no setor de interpretação. Com a implementação do módulo 3, é possível recuperar as imagens por informações anotadas e/ou contidas na imagem, que registram dados importantes localizados na imagem. Neste esquema, a implementação dos módulos 2 e/ou 3 são opcionais.

Este capítulo, além de descrever o modelo, também descreve soluções otimizadas para carregar as informações da imagem para o banco de dados. Sendo que as soluções de mapeamento do módulo 1 e módulo 3 propõem a carga automática das informações para o banco de dados, ou seja, com nenhuma intervenção do usuário. A solução para mapear as informações do módulo 2 propõe uma documentação com pouca intervenção do usuário, ou seja, a interface do usuário pode usar apenas escolhas de informações previamente cadastradas, como por exemplo: escolha da doença, escolha da região anatômica, escolha da patologia e escolha dos sinais biológicos.

Por fim, para garantir o armazenamento de um grande volume de imagens por um longo período de tempo, este capítulo descreve o gerenciamento automático da localização das imagens que considera os recursos de armazenamento disponíveis na instituição.

5 Um Sistema Protótipo Usando o Modelo de Metadados Proposto

Neste capítulo é apresentado um sistema protótipo, que implementa o modelo conceitual de metadados apresentado no capítulo 4, de forma a verificar na prática o uso do modelo. Este sistema implementa o módulo 1- informações associadas ao exame, o módulo 2 – informações associadas à interpretação das imagens, bem como o gerenciamento automático da localização das imagens, descritos no capítulo anterior. Além do armazenamento dos metadados da imagem no banco de dados, este sistema permite a consulta aos dados da imagem e o acesso à própria imagem. A primeira tela deste sistema (figura 5.1) disponibiliza, através dos itens de menu “Arquivo” e “Utilitários”, as facilidades do sistema.



FIGURA 5.1 - Primeira tela do sistema protótipo

As próximas seções descrevem com mais detalhes o desenvolvimento do protótipo. A seção 5.1 descreve o ambiente utilizado para o desenvolvimento do protótipo. A seção 5.2 descreve as soluções de implementação do módulo 1 do modelo, ou seja, a implementação do sistema para carregar as informações das imagens para o banco de dados, e do gerenciamento automático da localização das imagens. Na sequência, na seção 5.3 são mostradas as interfaces de consulta aos metadados da imagem e, também, as telas resultantes da consulta. A seção 5.4 apresenta a solução proposta por este trabalho para a visualização, processamento e análise das imagens recuperadas. Na seção 5.5 são apresentados os resultados obtidos com a implementação do modelo proposto no capítulo 4, através deste protótipo. E, para finalizar, são mostradas algumas conclusões referentes a este capítulo.

5.1 Ambiente do Sistema Protótipo

Esta seção, inicialmente, descreve o ambiente de software e hardware utilizado no desenvolvimento do protótipo. Em seguida, é apresentada a arquitetura geral do sistema protótipo “ARIDicom” (Armazenamento e Recuperação de Imagens no formato DICOM).

5.1.1 Plataforma de Software e Hardware Utilizada no Sistema Protótipo

No sistema protótipo, as classes do modelo apresentado no capítulo anterior foram implementadas no banco de dados PostgreSQL versão 7.1.3, um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) Objeto-Relacional [POS 01c].

O desenvolvimento do Postgres teve início em 1985 na Universidade da Califórnia em Berkeley. Hoje é mantido por um grupo de desenvolvedores através da Internet. Como pode ser observado em [POS 01a] [POS 01d] e [POS 01e], o Postgres é comparável em recursos aos melhores bancos de dados comerciais existentes [POS 01c].

Entre as muitas características do PostgreSQL, descritas nos endereços citados no parágrafo anterior, as que mais contribuíram para a escolha deste banco de dados, no desenvolvimento do protótipo, foram as seguintes: suporte à sintaxe SQL (*Structure query language*) de acordo com os padrões ANSI SQL 89, 92 e 98; suporte ao controle de transações; suporte à integridade referencial entre as tabelas; orientação a objetos; suporte à *trigger*¹ e à *stored procedures/functions*²; o tamanho do banco de dados é ilimitado; é compatível com diferentes plataformas de hardware e sistemas operacionais (Linux, Windows, AIX, Solaris, Free BSD, HP-UX); possui *driver* para JAVA (JDBC - *JAVA Data Base Connection*); e para finalizar, é um *software* com código fonte aberto e de livre distribuição [POS 01b], isto é, não é necessário o pagamento de licenças de uso, e não há limite de usuários por servidor.

Na implementação deste projeto foram utilizadas a linguagem JAVA versão 1.3, e a ferramenta JBuilder versão 3.0. O JBuilder é uma ferramenta gráfica da Borland que facilita o desenvolvimento de aplicações JAVA [JBU 01]. Por sua vez, JAVA é uma linguagem de programação orientada a objetos disponibilizada gratuitamente pela SUN [JAV 01].

Entre as características encontradas na linguagem JAVA pode-se destacar as seguintes: é orientada a objetos, permite processamento na Web quando embutida em páginas HTML, e através do conceito de máquina virtual (JVM – *JAVA Virtual Machine*), os aplicativos desenvolvidos em JAVA processam em qualquer plataforma. Esta última característica de JAVA deve-se ao fato do compilador JAVA gerar um código objeto chamado *byte code*. O *byte code* é interpretado na máquina do usuário, independente da plataforma, desde que a máquina do usuário possua uma JVM correspondente a sua plataforma [PRI 99].

Nesse trabalho foi utilizada uma plataforma PC (4.2 GB HD, 600 MHZ, 128 RAM), com sistema operacional Windows 98.

¹ *Trigger* - procedimentos associados à tabela que são ativados automaticamente por eventos, tais como inclusão, exclusão e/ou alteração ocorridos na respectiva tabela

² *Stored procedures/functions* - procedimentos escritos pelo usuário, mantidos e processados sob o controle do gerenciador do banco de dados.

5.1.2 Arquitetura do Sistema Protótipo

O sistema protótipo é composto de interfaces, gerenciador de metadados, banco de dados (metadados), gerenciador da localização física das imagens, ambiente de armazenamento de imagens *on-line*, ambiente de armazenamento de imagens *near-line*, ambiente de armazenamento de imagens *off-line*, e ambientes dinâmicos para armazenar as imagens recuperadas.

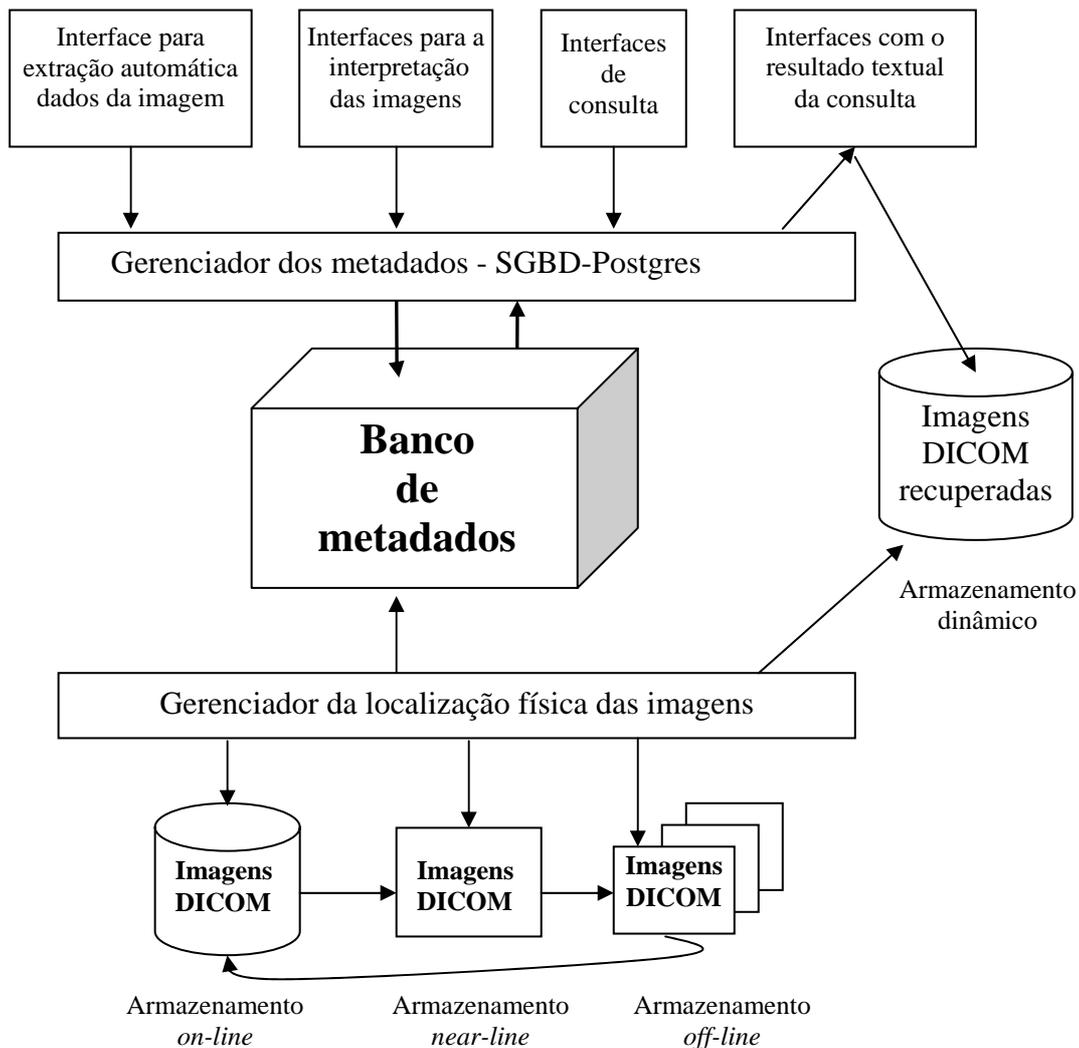


FIGURA 5.2 - Arquitetura do sistema protótipo

As interfaces permitem a comunicação do usuário com o sistema. Basicamente, o sistema possui quatro tipos de interfaces, são elas: interfaces de consulta, interfaces para inserir a interpretação das imagens, interface para liberar a extração automática dos dados da imagem, e interfaces para exibir o resultado da consulta.

O gerenciador dos metadados é o SGBD-Postgres que permite manter a integridade referencial entre as classes, garante a integridade das atualizações através do controle de transações, e interpreta, otimiza e gerencia as consultas e atualizações ao banco de metadados. O banco de metadados é a área física destinada ao armazenamento dos metadados da imagem, e é gerenciada pelo SGBD-Postgres.

O gerenciador da localização da imagem é a camada do sistema responsável pela atualização das áreas físicas destinadas ao armazenamento da imagem DICOM. Este gerenciador, para garantir o uso de recursos do usuário de maneira otimizada, controla o volume de imagens armazenadas nos ambientes *on-line* e *near-line*. E, também, é responsável por agilizar a recuperação das imagens do ambiente *off-line*.

Os ambientes de armazenamento *on-line*, *near-line* e *off-line* destinam-se ao armazenamento da imagem DICOM. E o ambiente dinâmico de armazenamento de imagens recuperadas é uma área definida dinamicamente pelo usuário, por ocasião da consulta as imagens. Nesta área são armazenadas as imagens que satisfazem as condições da consulta, e estão disponíveis para serem visualizadas e processadas.

As próximas seções descreveram detalhes da implementação do protótipo.

5.2 Implementação da Carga das Imagens DICOM para o Banco de Dados

Esta seção descreve os procedimentos implementados pelo sistema protótipo para extrair os metadados da imagem e carregá-las para o banco de dados, de acordo com as classes do primeiro e segundo módulos do modelo descritos no capítulo 4. Também fazendo parte da atualização do banco de dados, esta seção descreve a implementação da solução de gerenciamento da localização das imagens proposta na seção 4.3.4.

5.2.1 Implementação da Carga Automática das Informações Associadas ao Exame

Para esclarecer o leitor, JAVA é uma linguagem orientada a objetos, e desta forma utiliza a nomenclatura de “classe” para agrupar métodos que utilizam a mesma estrutura, que trabalham sobre um mesmo objeto, e/ou para agrupar funções de um mesmo objeto. Desta forma, durante a descrição deste protótipo aparecerá a nomenclatura de “classe” tanto para as classes de aplicação de JAVA, que contêm as estruturas e procedimentos necessários para o funcionamento do sistema protótipo, quanto para as classes do modelo, isto é, classes responsáveis por manter o banco de dados atualizado com as informações das imagens.

A carga dos metadados das imagens para banco de dados, usando as classes do primeiro módulo do modelo, é realizada conforme descrito na seção 4.3.1, ou seja, automática através das informações contidas nos próprios elementos de dados do formato DICOM.

Apesar do formato DICOM possuir uma estrutura padrão para disponibilizar os metadados da imagem no cabeçalho da imagem, existem algumas informações adicionais que precisam ser consideradas na extração dos dados. Por exemplo, a ordem de seqüência dos bytes pode ser *Little Endian* ou *Big Endian*, o atributo “VR” (valor de referência) do elemento de dados do DICOM pode estar implícito ou explícito (ver explicação do elemento de dados do DICOM na figura 2.6 do capítulo 2), o atributo “tamanho” do elemento de dados pode ser indefinido (ver figura 2.6), e o cabeçalho pode possuir ou não área de preâmbulo.

Considerando a diversidade de informações que existem dentro da estrutura do DICOM, e que a linguagem JAVA permite o agrupamento de classes em pacotes¹, este sistema está implementado em dois pacotes. Um pacote denominado “ImagensMédicas” com as seguintes características: implementa métodos de extração para as diferentes estruturas de dados que podem se apresentar dentro do cabeçalho da imagem DICOM, permite a extração de qualquer informação do cabeçalho da imagem, e está disponível para uso de outros aplicativos que precisem extrair dados do cabeçalho da imagem DICOM. O outro pacote é denominado “ARIDicom” (Armazenamento e Recuperação de Imagens no formato DICOM), e trata especificamente da implementação deste sistema protótipo.

Com a finalidade de tornar o pacote “ImagensMedicas” genérico, utilizável por este sistema e por outros aplicativos que desejem extrair as informações do cabeçalho da imagem, este pacote possui classes JAVA com as seguintes funcionalidades: (a)- descrever a estrutura do elemento de dados do formato DICOM; (b)- possibilitar a descrição da estrutura de outros formatos de imagem; (c)- extrair as informações do cabeçalho da imagem; (d)- permitir a troca de mensagens com o pacote; e (e)- facilitar a extensão deste pacote por outros usuários, a fim de atender outras necessidades de informação.

Como foi mencionado anteriormente, o segundo pacote deste sistema (ARIDicom) trata especificamente da implementação do protótipo. A seguir é apresentada a opção de menu da tela principal do sistema que inicia o processo da atualização automática. Na seqüência são descritos: o processo de carga automática dos metadados da imagem DICOM para o banco de dados, e a recuperação das imagens para o ambiente *on-line*.

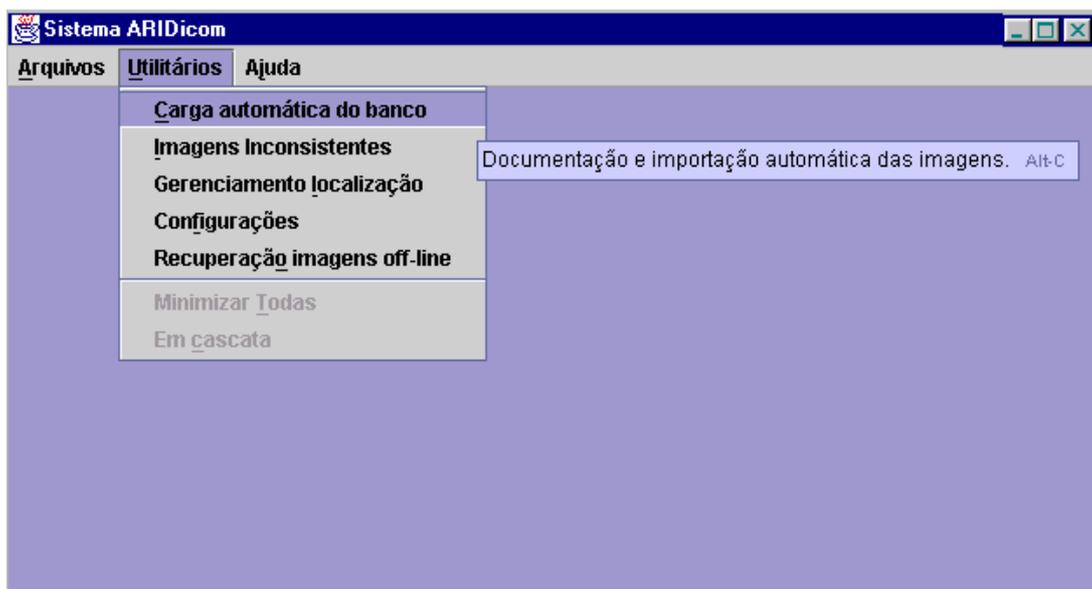


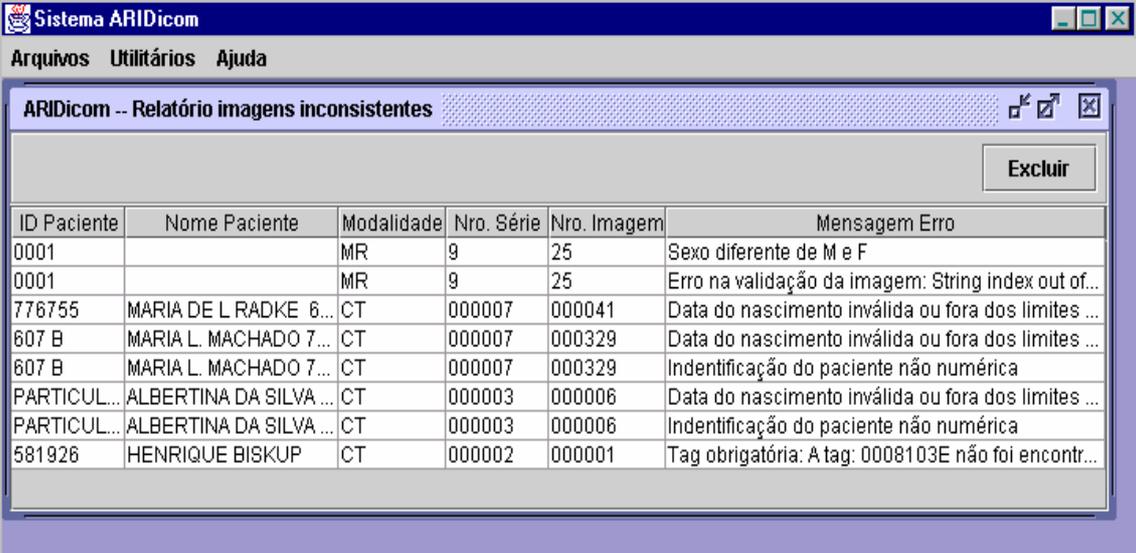
FIGURA 5.3 - Opção de menu para a carga automática das imagens

Para o processamento da carga automática das imagens, este sistema assumiu algumas definições. A primeira definição é quanto ao início do processo, a carga automática dos metadados pode ser ativada através da opção de menu “Carga automática do banco”, ou pode ser ativada pelo sistema operacional em horários pré-

¹ Pacote: conceito estabelecido pela linguagem JAVA para agrupar classes relacionadas.

fixados. A segunda definição diz respeito à localização das imagens, as imagens geradas pelos equipamentos das diferentes modalidades são enviadas para uma área de um micro, ou de uma rede, denominada pelo sistema de “localização base”. Esta área é informada para o sistema através da opção de menu “Configurações” (figura 5.3). A última definição é quanto à consistência dos metadados, as imagens com informações inconsistentes não deverão ser carregadas para o banco de dados, mas precisam ser disponibilizadas para o usuário para posterior correção.

Com base nestas definições, o procedimento de carga automática das imagens consiste em verificar a consistência dos dados de todas as imagens geradas pelos diversos equipamentos, carregar para o banco de dados as imagens com dados consistentes, e disponibilizar a visualização dos dados inconsistentes das imagens através da opção de menu “Imagens inconsistentes” (figura 5.4).



ID Paciente	Nome Paciente	Modalidade	Nro. Série	Nro. Imagem	Mensagem Erro
0001		MR	9	25	Sexo diferente de M e F
0001		MR	9	25	Erro na validação da imagem: String index out of...
776755	MARIA DE L RADKE 6...	CT	000007	000041	Data do nascimento inválida ou fora dos limites ...
607 B	MARIA L. MACHADO 7...	CT	000007	000329	Data do nascimento inválida ou fora dos limites ...
607 B	MARIA L. MACHADO 7...	CT	000007	000329	Identificação do paciente não numérica
PARTICUL...	ALBERTINA DA SILVA ...	CT	000003	000006	Data do nascimento inválida ou fora dos limites ...
PARTICUL...	ALBERTINA DA SILVA ...	CT	000003	000006	Identificação do paciente não numérica
581926	HENRIQUE BISKUP	CT	000002	000001	Tag obrigatória: A tag: 0008103E não foi encontr...

FIGURA 5.4 - Tela de imagens inconsistentes

5.2.2 Implementação da Carga das Informações Associadas à Interpretação das Imagens

Também fazendo parte da implementação da carga das imagens para o banco de dados, esta seção apresenta a solução implementada por este sistema protótipo para atualizar o banco de dados com as informações associadas à interpretação das imagens. Estas informações são obtidas pela análise de médicos especialistas na fase de diagnóstico do exame.

Inicialmente, as imagens são documentadas no banco de dados sem as informações de diagnóstico. E, a medida que os exames forem sendo interpretados, o usuário informa para o sistema as informações do diagnóstico.

A interpretação das imagens é incluída no banco de dados no nível das informações da investigação clínica, ou seja, no nível da classe “Estudo” do modelo. Para que haja um acompanhamento real e bem fundamentado do caso do paciente, em um mesmo estudo podem ser registradas diversas versões de diagnóstico. Sendo que para cada versão de diagnóstico, podem ser identificadas diversas patologias. Por sua vez, cada patologia é identificada pelo Código Internacional de Doenças (CID), pode estar associada a uma região anatômica e, também, a uma patologia, ambos catalogados

pelo Colégio Americano de Radiologia (ACR). Uma patologia pode ser visualizada em várias imagens, e pode ter diversos sinais biológicos identificados na região onde a patologia ocorre (ex: tom de cinza médio, definição do contorno, etc.).

Todas estas informações podem ser registradas (inseridas) no banco de dados através das interfaces do sistema. A atualização de um diagnóstico pode ser iniciada pela opção de menu “Atualizar diagnóstico”, ou através da opção de menu “Consultar estudos sem diagnóstico”. Como pode ser visto na figura 5.5, ambas opções estão disponíveis na tela principal do protótipo.

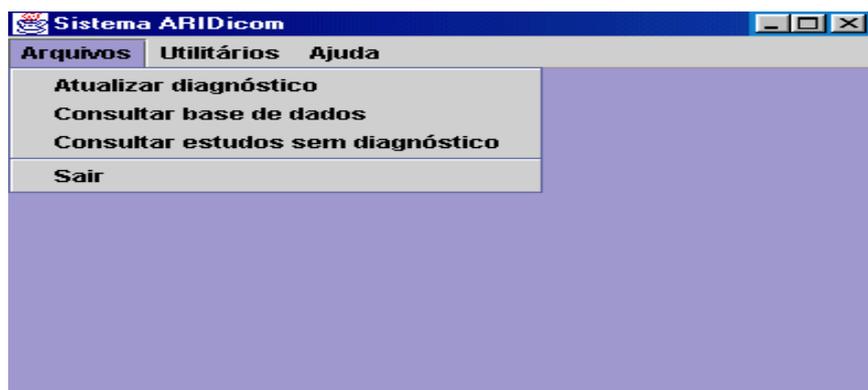


FIGURA 5.5 - Tela principal do protótipo com as opções de arquivos disponíveis

Com a opção de menu “Consultar estudos sem diagnóstico” o usuário obtém todos os estudos sem diagnóstico (figura 5.6), e pode selecionar os estudos a serem diagnosticados. Ao escolher um estudo para inserir as informações de diagnóstico, o protótipo exibirá a interface “Atualização de diagnóstico” (figura 5.7), que permite a inclusão do diagnóstico. A tela com estudos sem diagnóstico (figura 5.6) permite a inclusão do primeiro diagnóstico de um estudo, as próximas versões de diagnóstico para este estudo devem ser informadas através da opção de menu “Atualizar diagnóstico” (figura 5.5), que também exibirá a interface “Atualização de diagnóstico” (figura 5.7).

identificacao	nome	dtEstudo	hrEstudo	modalida...
4771	ADELINA BARBOSA OLIVEIRA	19991208	170655.000000	MR
12062	ANTONIA J INACIO DE MELLO	20011015	123641.479000	MR
10164	DANIELA DE MENEZES	20010516	101012.267000	MR
6576	GUILHERME S DELATORRE	20000701	082631.000000	MR
6576	GUILHERME S DELATORRE	20000701	082631.000000	MR
12063	JEFERSON WILLI DA SILVA	20011015	132738.794000	MR
7615	LIBERA LOURDES CERVELIN	20001007	080647.000000	MR
8197	MARLENE STACHLER	20001125	110634.000000	MR
8185	MARTA SIQUEIRA FAGUNDES	20001124	084355.000000	MR
9833	PEDRO ALTAMIR ALVES DUTRA	20010418	074407.000000	MR
577247	ROGER LUIS M DA SILVA 9a	20010417	071932.000000	MR
577247	ROGER LUIS M DA SILVA 9a	20010417	071932.000000	MR

FIGURA 5.6 – Tela de estudo sem diagnóstico

ARIDicom - Atualização do Diagnóstico

Paciente
 Identificação: 10164
 Iniciais do nome: DANIELA DE MENEZES

Diagnóstico
 Alterar
 Excluir
 Incluir

Estudo

Data	Hora	Modalidade
20010516	101012.267000	MR

Diagnósticos

Data	Hora	Médico	Observação
20011128	51143.000000	Dr. Paulo Vieira	
20011128	6443.000000	Dr. Paulo Francisco	Diagnóstico após cirurg...

FIGURA 5.7 –Tela de atualização do diagnóstico

Em geral, a interface “Atualização de diagnóstico” (figura 5.7) mostra as informações de identificação e nome do paciente preenchidas, se for exibida a partir da tela de consulta de “Estudos sem diagnósticos” (figura 5.6). Caso contrário, o usuário deverá preencher a identificação do paciente, ou as iniciais do nome do paciente. Esta interface permite a execução dos seguintes procedimentos:

- Incluir um diagnóstico, botão “incluir”. Nesta opção é exibida a tela “Inclusão de diagnóstico” (figura 5.8), que permite completar as informações do diagnóstico para a inclusão, e também incluir as patologias identificadas no diagnóstico;
- Alterar um diagnóstico, botão “alterar”. Nesta opção é exibida a tela “Alteração de diagnóstico” (figura 5.9), que permite alterar as informações do diagnóstico, e as patologias associadas ao diagnóstico;
- Excluir um diagnóstico. Nesta opção são excluídos o diagnóstico e as patologias associadas ao diagnóstico, selecionando o botão “excluir”.

ARIDicom - Inclusão do Diagnóstico

Data: 20011129 Hora: 31047.000000

Médico: Dr. Carlos Vieira

Observações:
 Outros achados no diagnóstico inicial

Patologias:

Incluir Diagnóstico
 Incluir Patologia

FIGURA 5.8 –Tela de inclusão do diagnóstico

ARIDicom - Alteração do Diagnóstico

Arquivos Utilitários Ajuda

Data: 20011128 **Hora:** 51143.000000

Médico: Dr. Paulo Vieira

Observações:
Diagnóstico Inicial. Suspeita de neoplasia cerebral com necessidade de confirmação

Patologias:

Reg Anatômica	Patologia (ACR)	Doença (CID)	Tipo Diag	Observação
Crânio	Neoplasia cerebral	Neoplasia maligna do ...	Imagem	Suspeita de neoplasia n...

Buttons: Alterar Diagnóstico, Alterar Patologia, Excluir Patologia, Incluir Patologia

FIGURA 5.9 –Tela de alteração do diagnóstico

A interface “Inclusão do diagnóstico” (figura 5.8) permite que o usuário informe o nome do médico que realizou o diagnóstico, e observações que devam ficar registradas junto ao diagnóstico. Esta interface inclui o diagnóstico no banco de dados, através do botão “incluir diagnóstico”, e permite a inclusão de patologias diagnosticadas, através do botão “incluir patologias”. Por sua vez, o procedimento de inclusão de patologias (figura 5.10) permite a execução dos seguintes procedimentos:

- Documentar a patologia no banco de dados, botão “incluir patologia”;
- Descrever os sinais biológicos encontrados na patologia, botão “associar sinal biológico”. Nesta opção é exibida a tela “Associação da patologia com o sinal biológico” (figura 5.11), que permite associar vários sinais biológicos para descrever a patologia;
- Alterar o valor de sinais biológicos já incluídos para a patologia. Nesta opção é exibida a tela “Informação do valor do sinal biológico” (figura 5.12), que permite a alteração do valor do sinal biológico;
- Excluir sinais biológicos associados por engano à patologia, botão “desassociar sinal biológico”;
- Registrar as imagens que melhor descrevem a patologia, botão “associar imagem”. Nesta opção é exibida a tela “Associação da patologia com a imagem” (figura 5.13), que permite associar várias imagens à patologia;
- Excluir imagens associadas por engano à patologia, botão “desassociar imagem”.

Sistema ARIDicom

Arquivos Utilitários Ajuda

ARIDicom - Inclusão da Patologia

Diagnóstico

Data: 20011220 Hora: 95148.000000 Médico: Dr. Carlos Bitencour

Patologia

Tipo diagnóstico: Imagem Doença (CID): G404 - Epilepsias e síndrome epilépticas general...

Região Anatômica: 1 - Crânio Patologia (ACR): 69 - Epilepsia

Observações: diagnósticosuspeito - emergência

Incluir Patologia
 Altera Valor Sinal Biol...
 Associar Sinal Biologi...
 Desassociar Sinal Biol...
 Associar Imagem
 Desassociar Imagem

Sinais Biológicos encontrados na imagem

DESCRIÇÃO	VALOR
Limites imprecisos	0.0000
Bordas mal definidas	0.0000
Forma estrela	0.0000

Imagens que identificam a patologia

NUMERO SERIE	DESCRIÇÃO SERIE	NUMERO IMAGEM
2	breast/MAMA-T2-TSE-DR-JOAO	16
2	breast/MAMA-T2-TSE-DR-JOAO	17
2	breast/MAMA-T2-TSE-DR-JOAO	18

FIGURA 5.10 –Tela de inclusão das patologias

Sistema ARIDicom

Arquivos Utilitários Ajuda

ARIDicom - Inclusão do sinal biológico

Sinal biológico: Valor densidade relativa

Valor: 120

Incluir

FIGURA 5.11 –Tela de associação da patologia com o sinal biológico

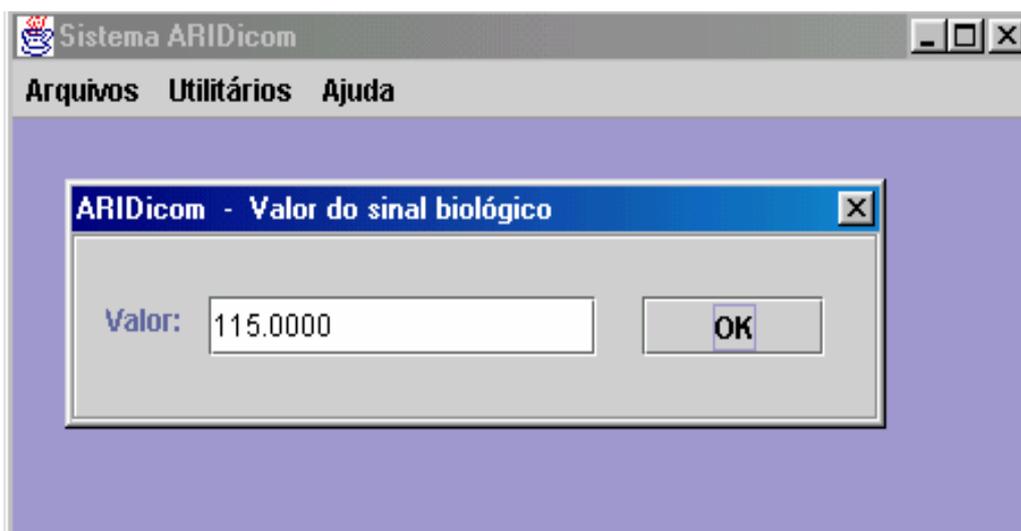


FIGURA 5.12 –Tela de informação do valor do sinal biológico

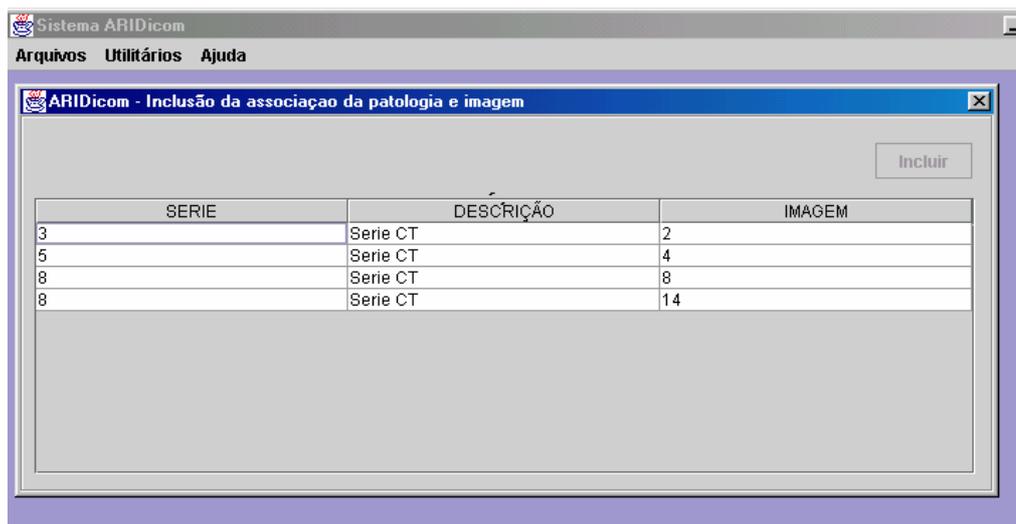


FIGURA 5.13 –Tela de associação da patologia com a imagem

A interface “Alteração do diagnóstico” (figura 5.9) permite que o usuário modifique, através do botão “alterar diagnóstico”, o nome do médico que realizou o diagnóstico, e altere, ou inclua observações para o diagnóstico. Além destas alterações, esta interface também possibilita a execução dos seguintes procedimentos:

- Alterar patologias documentadas anteriormente para o diagnóstico, através do botão “alterar patologia”. Nesta opção é exibida a tela “Alteração de patologia” (figura 5.14);
- Excluir patologias documentadas anteriormente para o diagnóstico. A exclusão ocorre pela seleção de uma patologia e por clicar o botão “excluir patologia”;
- Adicionar novas patologias para o diagnóstico no banco de dados, botão “incluir patologia”. Nesta opção é exibida a tela “Inclusão de patologia” (figura 5.10).

Diagnóstico

Data: 20011220 Hora: 95148.000000 Médico: Dr. Carlos Bitencour

Patologia

Tipo diagnóstico: Imagem Doença (CID): G404 - Epilepsias e síndrome epilépticas general...

Região Anatómica: 1 - Crânio Patologia (ACR): 69 - Epilepsia

Observações: diagnósticosuspeito - emergência

Sinais Biológicos encontrados na imagem

DESCRICAÇÃO	VALOR
Limites imprecisos	0.0000
Bordas mal definidas	0.0000
Forma estrela	0.0000

Imagens que identificam a patologia

NUMERO SERIE	DESCRIÇÃO SERIE	NUMERO IMAGEM
2	breast/MAMA-T2-TSE-DR-JOAO	16
2	breast/MAMA-T2-TSE-DR-JOAO	19

FIGURA 5.14 –Tela de alteração da patologia

5.2.3 Implementação do Gerenciamento da Localização Física das Imagens

Da mesma forma da carga automática das imagens, o gerenciamento da localização das imagens pode ser ativado através de uma opção de menu, ou pode ser ativado pelo sistema operacional, em de horários pré-fixados. A opção de menu da tela principal “Gerenciamento localização” inicia o processo de gerenciamento da localização das imagens (figura 5.3).

Como mencionado na seção 4.3.4, o processo de gerenciamento da localização das imagens necessita de informações quanto aos seguintes itens: (a)- qual é a disponibilidade de recursos para o armazenamento; (b)- qual é a forma de gerenciamento do ambiente *on-line*; e (c)- quais são os endereços disponíveis para o armazenamento nos três ambientes. No protótipo, estas informações serão fornecidas pelo usuário através da opção de menu “Configurações” (figura 5.3). Esta opção de menu exibe a interface de configurações (figura 5.15), e documenta estas informações no banco de dados, no objeto “Propriedades de Localização”.

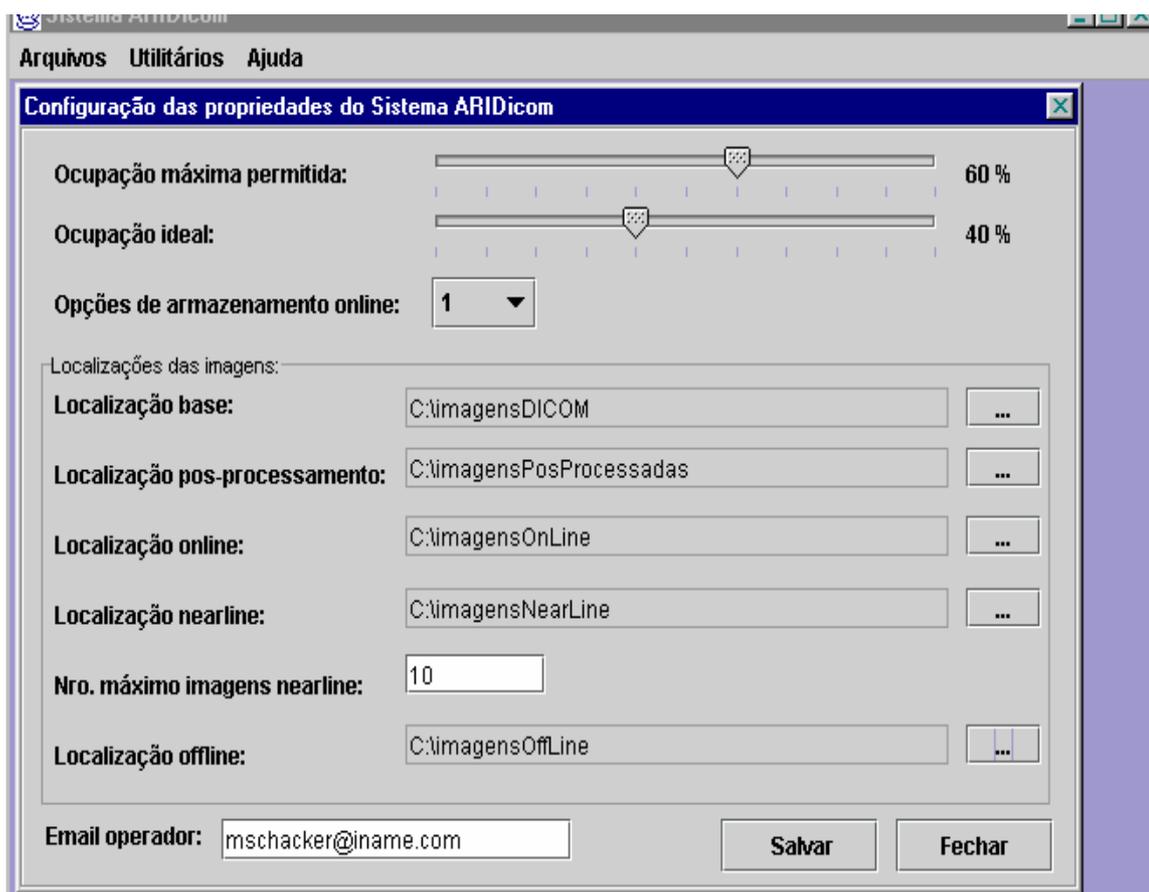


FIGURA 5.15 –Tela de configurações

O armazenamento e a distribuição das imagens nos 3 ambientes foram implementados conforme foi descrito na seção 4.3.4.1: “Armazenamento e distribuição das imagens nos ambientes *on-line*, *near-line* e *off-line*. No protótipo, para o teste do gerenciamento de localização, os três ambientes (*on-line*, *near-line* e *off-line*) foram simulados dentro de um único computador.

O processo de recuperação das imagens do ambiente *off-line* para o ambiente *on-line* foi implementado conforme descrito na seção 4.3.4.2: “Recuperação das imagens”. A próxima seção descreve com mais detalhes o processo de recuperação das imagens nos três ambientes de armazenamento.

5.3 Consulta à Estrutura de Metadados para a Recuperação das Imagens

Nessa seção é descrito o funcionamento do sistema quanta à recuperação das imagens, e consulta aos metadados das imagens. Primeiramente, é mostrado como está disponibilizada a consulta as classes implementadas pelo sistema. Em seguida, explica como o resultado da consulta é apresentado ao usuário.

A consulta às classes é feita através da opção de menu “Consultar base de dados” da tela principal (figura 5.5). Nesta opção do menu é exibida a tela “Opções de pesquisa na base de dados” (figura 5.16), e através do botão “sinal biológico” é exibida a tela “Opções sinais biológicos” (figura 5.17).

Sistema ARIDicom
Arquivos Utilitários Ajuda

Opções de pesquisa na base de dados

PACIENTE
 Identificação: Iniciais do nome:
 Sexo: Período data de nascimento: à

ESTUDO
 Período estudo: à Suspeita inicial(CID): ...
 Modalidade: ... Parte do corpo examinada: ...

PATOLOGIA
 Com diagnóstico: Tipo: Período de diagnóstico: à
 Reg. Anatómica: ... Doença (CID): ...
 Patologia (ACR): ... **Sinal Biológico**

IMAGEM
 Limite das imagens recuperadas: **Dados inseridos na Imagem**
 Situação das imagens pesquisadas: Recuperar off-line para on-line
 Local imagens recuperadas: ...
 Endereço eletrônico do usuário:

Pesquisar **Limpar**

FIGURA 5.16 –Tela de opções de pesquisa na base de dados

Sistema ARIDicom
Arquivos Utilitários Ajuda

Opções de pesquisa na base de dados

ARIDicom - Opções sinais biológicos

Sinal Biológico: ...

Limites densidade: de a

Limites densidade relativa: de a

OK

FIGURA 5.17 –Tela de opções sinais biológicos

Os métodos implementados em JAVA para a realização da consulta foram projetados para consultar às classes do esquema de forma dinâmica. Através das telas “Opções de pesquisa na base de dados”, e “Opções sinais biológicos” são disponibilizadas todas as propriedades de cada classe para que o usuário possa fazer a consulta de acordo com a sua necessidade. A partir daí, o método gera dinamicamente a consulta por meio de concatenações de *queries*. Se nas telas de opções de pesquisa, o campo referente à propriedade de alguma classe for preenchido pelo usuário com algum valor, então essa propriedade entrará como condição da pesquisa. Um exemplo da concatenação de *queries* pode ser visto na figura 5.18.

```

private void montaConsulta()
{
    if (validaCampos())
    {
        String campos = "SELECT paciente.identificacao, nome, dtNascimento,sexo ,serie.modalidade, estudo.dtEstudo
        ,estudo.hrEstudo ,serie.dtSerie, serie.hrSerie, serie.descSerie, serie.parteCorpo ";
        String query = "FROM imagem, paciente, estudo, serie, suspeita_inicial, doenca
        WHERE "+
        "imagem.identificacao = paciente.identificacao AND "+
        "imagem.dtSerie = serie.dtSerie AND imagem.hrSerie = serie.hrSerie AND "+
        "imagem.dtEstudo = estudo.dtEstudo AND imagem.hrEstudo = estudo.hrEstudo AND "+
        "suspeita_inicial.dtEstudo = estudo.dtEstudo AND suspeita_inicial.hrEstudo = estudo.hrEstudo AND "+
        "suspeita_inicial.identificacao = estudo.identificacao AND "+
        "(suspeita_inicial.cid = doenca.cid OR suspeita_inicial.cid =)";

        if (!this.idtf.getText().equals("")) //verifica se a identificação do paciente foi preenchida
            query += " AND imagem.identificacao = "+this.idtf.getText();
        else
        {
            if (!this.sexocb.getSelectedItem().equals("N/A")) // verifica se o sexo foi preenchido
            {
                if (this.sexocb.getSelectedItem().equals("M"))
                    query+= " AND sexo = 'M'";
                else
                    query+= " AND sexo = 'F'";
            }
            if (!this.nome_tf.getText().equals("")) // verifica se o nome foi preenchido
                query+=" AND nome LIKE '"+this.nome_tf.getText()+"%";
            // verifica se o periodo de nascimento foi preenchido
            if (!this.datefromPtf.getText().equals("") && this.datetoPtf.getText().equals(""))
                query+=" AND dtNascimento = '"+this.datefromPtf.getText()+"'";
            else if (!this.datefromPtf.getText().equals("") && !this.datetoPtf.getText().equals(""))
                query+=" AND dtNascimento >= '"+this.datefromPtf.getText()+"' AND dtNascimento <=
                '"+this.datetoPtf.getText()+"'";
        }
    }
}

```

FIGURA 5.18 – Método exemplo utilizando a concatenação de *queries*

A tela “Opções de pesquisa na base de dados” (figura 5.16), além de disponibilizar as propriedades de cada classe para que o usuário possa fazer a consulta com base nos metadados da imagem, também permite que o usuário informe sua opção quanto à recuperação das imagens DICOM correspondentes aos metadados. O usuário informa a sua opção de recuperação das imagens DICOM no campo “situação das imagens pesquisadas” na tela “Opções de pesquisa a base de dados”. Este campo disponibiliza as seguintes opções:

- **Nenhuma** – esta opção informa ao método de consulta que recupere somente os metadados da imagem, as imagens DICOM correspondentes aos metadados não serão recuperadas;
- **Todas** - esta opção informa ao método de consulta que recupere todas as imagens DICOM correspondentes aos metadados recuperados;
- **Somente as imagens associadas às patologias** - esta opção informa ao método de consulta que recupere as imagens DICOM que correspondam aos metadados recuperados, e que estão associadas com alguma patologia;
- **Somente as imagens *on-line*** - esta opção informa ao método de consulta que recupere as imagens DICOM que correspondam aos metadados recuperados, e que estão disponíveis no ambiente *on-line*;
- **Somente as imagens *on-line* e *near-line***- esta opção informa ao método de consulta que recupere as imagens DICOM que correspondam aos metadados recuperados, e que estão disponíveis no ambiente *on-line*, ou no ambiente *near-line*.

As imagens DICOM recuperadas pela consulta do protótipo serão copiadas para o endereço indicado pelo usuário no campo “Local imagens recuperadas”. E, se houver necessidade de recuperar imagens que estão armazenadas no ambiente *off-line*, o sistema exibe uma janela para o usuário (figura 5.19) informando que algumas imagens serão copiadas posteriormente.

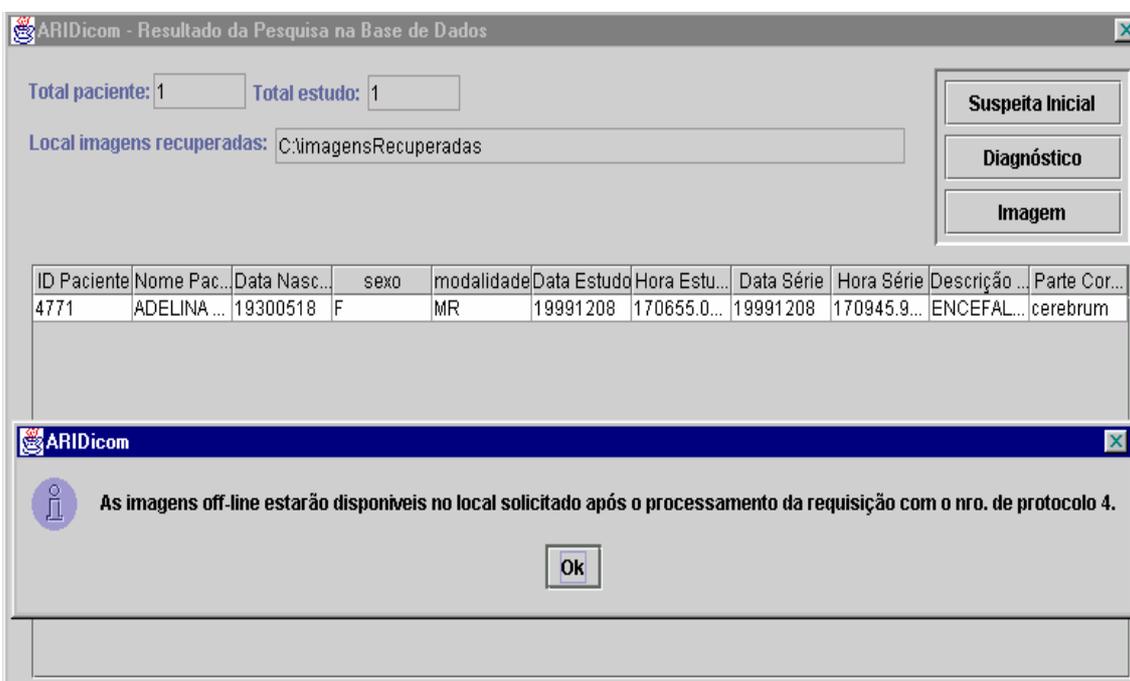


FIGURA 5.19 –Tela informando que as imagens *off-line* serão copiadas posteriormente

Neste caso, o método de consulta se encarrega de gravar uma requisição de cópia de imagens do ambiente *off-line* para o ambiente indicado pelo usuário e, se a opção “recuperação de *off-line* para *on-line*” estiver assinalada na tela de consulta, também registrará na requisição a cópia da imagem para o ambiente *on-line*. A requisição de cópia é encaminhada para o ambiente operacional através de correio eletrônico.

Conforme proposto no item de recuperação de imagens do gerenciamento da localização, seção 4.3.4.2 (figura 4.24), a requisição de cópia de imagens do ambiente *off-line* possui os seguintes atributos:

- o número de protocolo;
- o endereço eletrônico do usuário;
- local das imagens recuperadas;
- localização *on-line*;
- as informações das imagens solicitadas:
 - Identificação da imagem;
 - Localização *off-line* (no caso do protótipo será um diretório).

Com as informações das requisições, o método implementado para a cópia das imagens copia as imagens da localização *off-line* para o local informado pelo usuário no campo “local das imagens recuperadas” na tela “Opções de pesquisa a base de dados”.

E, se a localização *on-line* for informada, também copia as imagens da localização *off-line* para localização *on-line*, e atualiza o objeto “Imagem” no banco de dados. Na atualização do objeto “Imagem” são atualizadas as propriedades “data da recuperação” (atualizada com a data atual) e “localização *on-line*” (atualizada com a informação da localização *on-line* da requisição de cópia das imagens). Após copiar todas as imagens da requisição, o método implementado para a cópia das imagens envia um *e-mail* para o endereço eletrônico do usuário com o conteúdo: “A sua solicitação (número do protocolo) foi atendida! As imagens *off-line* requisitadas na sua solicitação, foram copiadas para (local informado na solicitação)”.

Os metadados das imagens recuperadas são visualizados através das seguintes telas: (a)- tela “Resultado da pesquisa na base de dados” (figura 5.20); (b)- tela “Suspeita inicial” (figura 5.21); (c)- tela “Diagnóstico” (figura 5.22); e (d)- tela “Imagens” (figura 5.23). Se na tela de “Opções de pesquisa a base de dados” o usuário optar por não recuperar as imagens DICOM, ou seja, preencher o campo “situação das imagens pesquisadas” com “nenhuma”, ou o campo de “limite de imagens recuperadas” com “zero”, então o usuário pode selecionar as imagens desejadas na tela “Imagem” (figura 5.23), e recuperá-las através do botão “copiar imagem”, ou do botão “copiar imagens + versões”.

ID Paci...	Nome Paciente	Data Nasci...	Se...	M...	Data Estudo	Hora Est...	Data Série	Hora Sér...	Descrição S...	Parte Corpo...
4771	ADELINA BARBOSA OLIVEIRA	19300518	F	MR	19991208	170655....	19991208	170945....	ENCEFALO...	cerebrum
12062	ANTONIA J INACIO DE MELLO	19540105	F	MR	20011015	123641....	20011015	124221....	ENCEFALO...	cerebrum
10164	DANIELA DE MENEZES	19860130	F	MR	20010516	101012....	20010516	101432....	ENCEFALO...	cerebrum
6576	GUILHERME S DELATORRE	19960424	M	MR	20000701	082631....	20000701	082803....	ENCEFALO...	cerebrum
6576	GUILHERME S DELATORRE	19960424	M	MR	20000701	082631....	20000701	082903....	ENCEFALO...	cerebrum
12063	JEFERSON WILLI DA SILVA	19910609	M	MR	20011015	132738....	20011015	133017....	ENCEFALO...	cerebrum
7615	LIBERA LOURDES CERVELIN	19470519	F	MR	20001007	080647....	20001007	080856....	breast/MAM...	torax
8197	MARLENE STACHLER	19391006	F	MR	20001125	110634....	20001125	111407....	ABDOMEN1...	
8185	MARTA SIQUEIRA FAGUNDES	19581128	F	MR	20001124	084355....	20001124	093004....	ENCEFALO...	cerebrum
9833	PEDRO ALTAMIR ALVES DU...	19680620	M	MR	20010418	074407....	20010418	074748....	ENCEFALO...	cerebrum
577247	ROGER LUIS M DA SILVA 9a	19800510	M	MR	20010417	071932....	20010417	072223....	Serie CT	spine
577247	ROGER LUIS M DA SILVA 9a	19800510	M	CT	20010417	082055....	20010417	082352....	Serie CT	spine
577247	ROGER LUIS M DA SILVA 9a	19800510	M	MR	20010417	071932....	20010417	080927....	Serie CT	spine
577247	ROGER LUIS M DA SILVA 9a	19800510	M	CT	20010417	082055....	20010417	083027....	Serie CT	spine
577247	ROGER LUIS M DA SILVA 9a	19800510	M	CT	20010417	082055....	20010417	083347....	Serie CT	spine

FIGURA 5.20 –Tela com o resultado da pesquisa na base de dados

Sistema ARIDicom

Arquivos Utilitários Ajuda

Opções de pesquisa na base de dados

ARIDicom - Resultado da Pesquisa na Base de Dados

Total paciente: 10 Total estudo: 11

Local imagens recuperadas: C:\imagensRecuperadas

Suspeita Inicial

Diagnóstico

Imagem

ID Pac...	Nome Paciente	Data Nas...	Se...	M...	Data Estu...	Hora Est...	Data Série	Hora Série	Descrição Série	Parte Corp...
4771	ADELINA BARBOSA OLIV...									cerebrum
12062	ANTONIA J INACIO DE M...									cerebrum
10164	DANIELA DE MENEZES									cerebrum
6576	GUILHERME S DELATO...									cerebrum
6576	GUILHERME S DELATO...									cerebrum
12063	JEFERSON WILLI DA SIL...									cerebrum
7615	LIBERA LOURDES CERV...									torax
8197	MARLENE STACHLER									
8185	MARTA SIQUEIRA FAGU...									cerebrum
9833	PEDRO ALTAMIR ALVES ...									cerebrum
577247	ROGER LUIS M DA SILVA...									spine
577247	ROGER LUIS M DA SILVA...									spine
577247	ROGER LUIS M DA SILVA...									spine
577247	ROGER LUIS M DA SILVA...									spine
577247	ROGER LUIS M DA SILVA...									spine

CID (doença)	Descrição Médico	Descrição CID
N63	MAMA(N63)	Nódulo mamário

FIGURA 5.21 –Tela suspeita inicial

Sistema ARIDicom

Arquivos Utilitários Ajuda

Opções de pesquisa na base de dados

ARIDicom - Resultado da Pesquisa na Base de Dados

Total paciente: 10

Local imagens recuperadas

ARIDicom - Diagnóstico

Diagnósticos

Data	Hora	Médico	Observação
20020108	105857.000000	Dr. Carlos 1	
20020116	031600.000000	Dr. Mauricio Marques	Diagnóstico comprova...

Patologias

Seqüência	Região Anatô...	Patologia (ACR)	Doença (CID)	Tipo Diagnósti...	Observação
3	Torax	trauma	Traumatismo...	Suspeito	
2	Torax	Pneumonia	Pneumotórax t...	Imagem	
1	Torax	Contusão	Fratura costela	Suspeito	
2	Torax	Osteomelites	Pneumotórax t...	Imagem	

Sinais Biológicos

Descrição	Valor
Limites imprecisos	
Tem calcificação	

ID Pacie...	Nome Pac
4771	ADELINA BARBO
12062	ANTONIA J INACI
10164	DANIELA DE MEN
6576	GUILHERME S DE
6576	GUILHERME S DE
12063	JEFERSON WILLI
7615	LIBERA LOURDE
8197	MARLENE STACH
8185	MARTA SIQUEIRA
9833	PEDRO ALTAMIR
577247	ROGER LUIS M D

FIGURA 5.22 –Tela diagnóstico

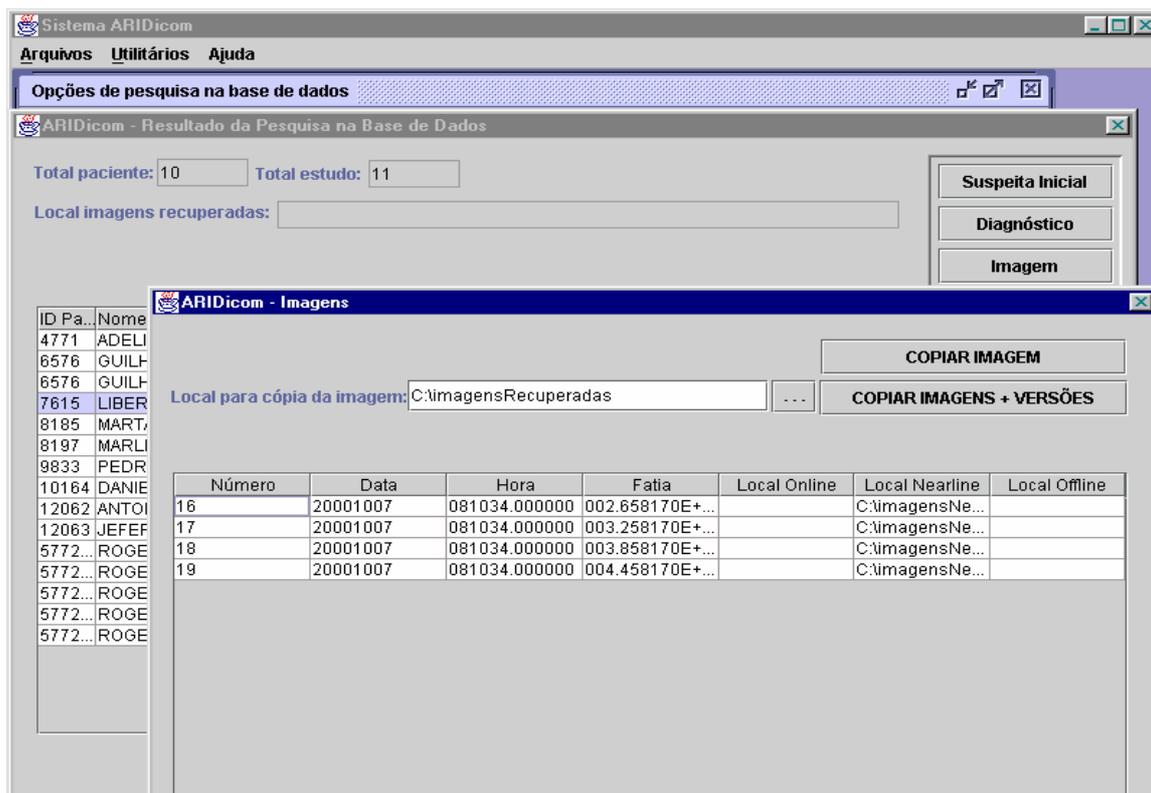


FIGURA 5.23 – Tela imagens

Esta seção descreveu as etapas do sistema protótipo correspondentes à consulta e à visualização dos metadados da imagem. E também, descreveu a recuperação das imagens DICOM para uma área de trabalho do próprio usuário, independente do ambiente em que a imagem esteja armazenada, ambiente *on-line*, *near-line* ou *off-line*. A próxima seção mostrará como o usuário poderá processar e visualizar as imagens DICOM recuperadas.

5.4 Visualização das Imagens Recuperadas

Na seção 2.4 deste trabalho foram apresentados alguns *softwares* que permitem a visualização e o processamento de imagens médicas. Alguns destes *softwares* apresentados são distribuídos gratuitamente pela internet, ou possuem uma versão com menos funcionalidades que também pode ser obtida sem custo para o usuário. E, como apresentado na referida seção, são *softwares* de boa qualidade, com várias possibilidades de processamento, e estão em constante aperfeiçoamento.

Desta forma, este protótipo foi desenvolvido de maneira a disponibilizar as imagens recuperadas em um diretório específico do usuário, e a partir deste diretório e com a ferramenta de visualização escolhida pelo o usuário, as imagens recuperadas podem ser visualizadas e processadas.

Com a finalidade de facilitar a identificação das imagens dentro do diretório, alguns dos *softwares* apresentados, como é caso do OSIRES, EFILM e FP IMAGE, ao lerem um diretório organizam as informações das imagens em um banco de dados interno da ferramenta. Esta organização pode ser vista através da figura 2.12 do *software* OSIRIS, da figura 2.17 do *software* EFILM e da figura 2.22 do *software* FP Image.

A seguir são exemplificados os seguintes procedimentos: a recuperação de algumas imagens através do protótipo (figura 5.24); a cópia das imagens para o diretório do usuário (figura 5.25); e a visualização das imagens através do *software* EFILM (figuras 5.26 e 5.27).

A figura 5.24 mostra o preenchimento da tela de “Opções de pesquisa na base de dados” para atender a seguinte condição: buscar todas as imagens de exames de ressonância magnética, realizados em pacientes do sexo feminino, no período de 01.12.1999 a 29.11.2001, e copiar estas imagens para o diretório c:\imagensMR.

FIGURA 5.24 –Tela exemplo da consulta

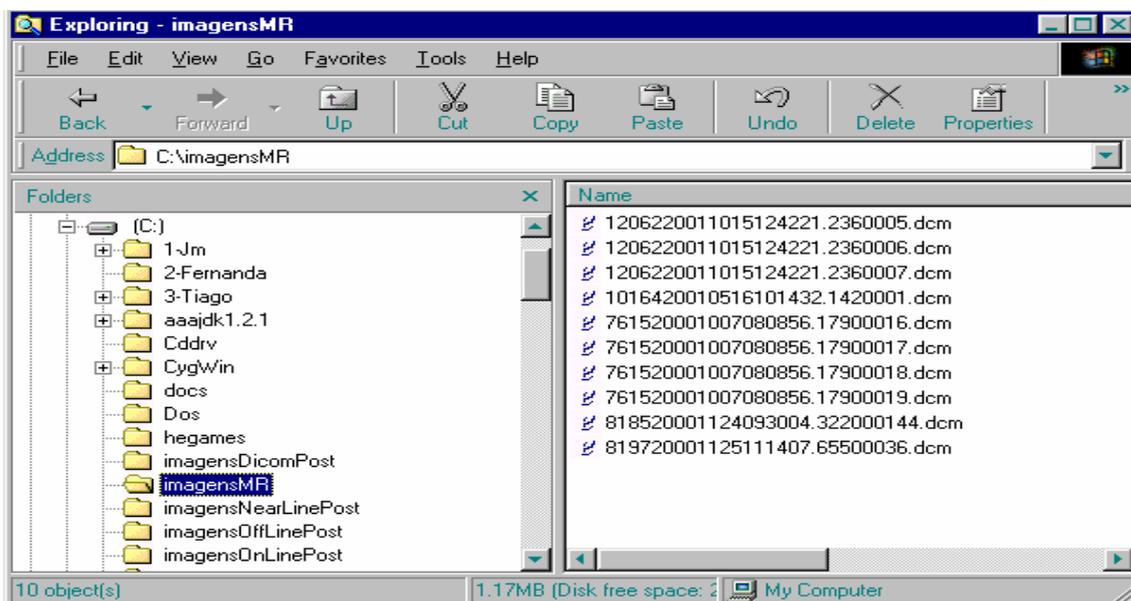


FIGURA 5.25 –Tela exemplo do diretório contendo as imagens recuperadas

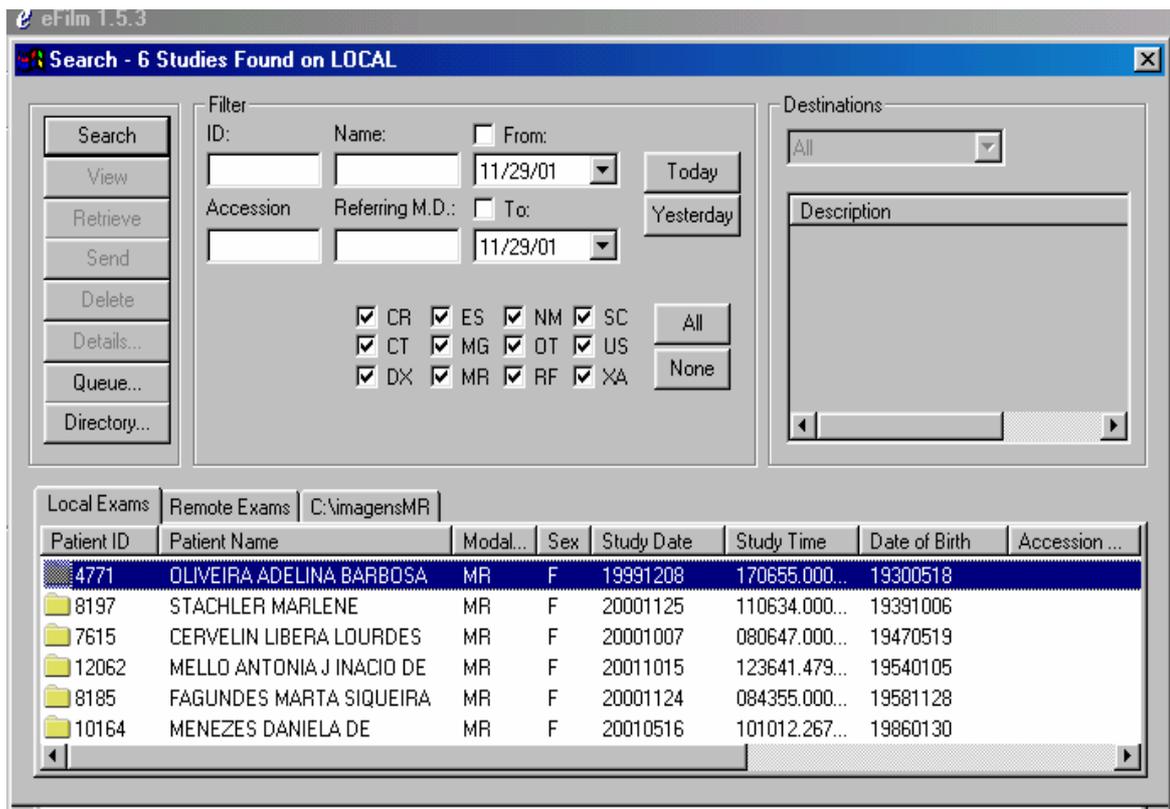


FIGURA 5.26 –Tela exemplo da organização do diretório através do software EFILM

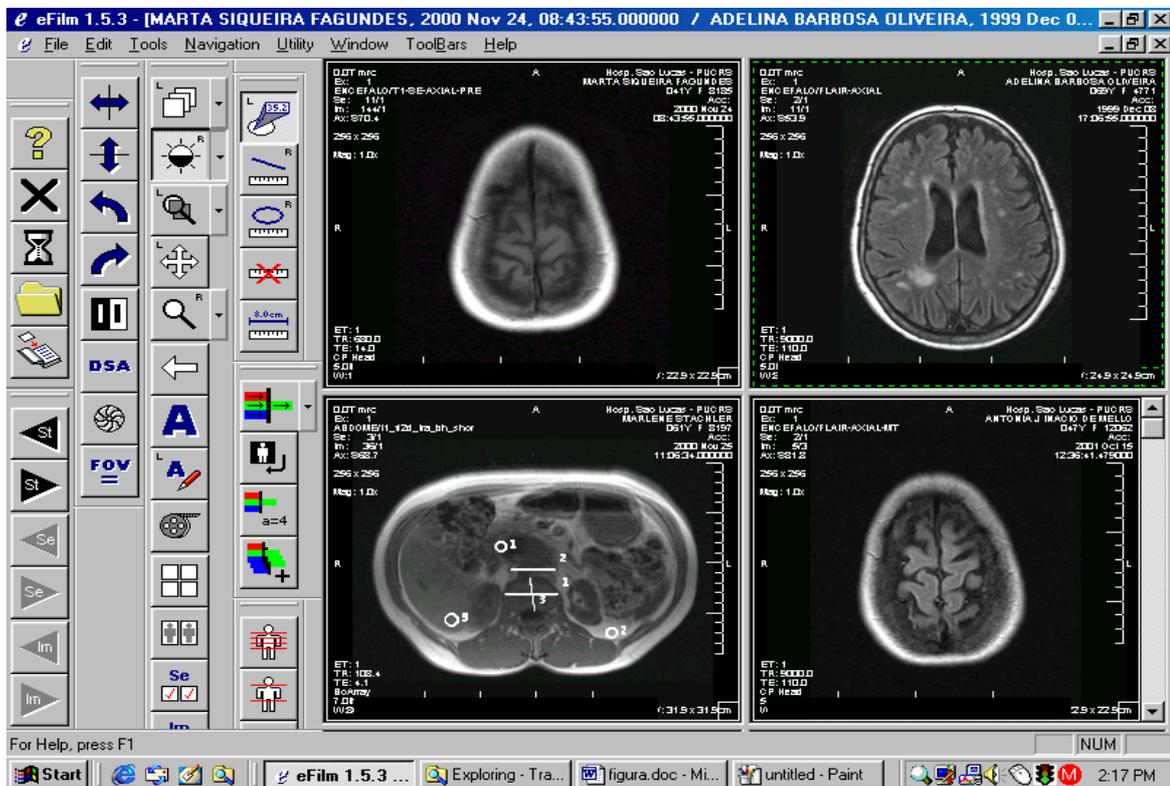


FIGURA 5.27 –Tela exemplo da visualização das imagens recuperadas

5.5 Resultados Experimentais Obtidos com o Sistema Protótipo

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com a implementação do modelo proposto no capítulo 4, através do sistema protótipo ARIDicom.

Inicialmente será discutido o ambiente atual do Hospital São Lucas (HSL), que serviu como estudo de caso para levantar muitas das necessidades expostas nesse trabalho. E na seqüência, serão apresentados os resultados obtidos com os testes realizados com o protótipo.

5.5.1 Ambiente do Hospital São Lucas

Esta seção comenta brevemente sobre o ambiente de radiologia do HSL (Hospital São Lucas - PUCRS), pois um estudo mais aprofundado deste ambiente está descrito no trabalho individual denominado “Armazenamento e recuperação de imagens estáticas bidimensionais em banco de dados” [MAC 00], catalogado na biblioteca do Instituto de Informática da UFRGS.

O CDI (Centro de Diagnóstico por Imagem) do HSL foi criado em 5 de maio de 1998 com a finalidade de integrar, agilizar e gerenciar os processos que envolvem o diagnóstico por imagens. Dentre os exames envolvidos no processo de diagnóstico por imagem, destacam-se os exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética. Pois estas são as primeiras modalidades de exames que produzem imagens digitalizadas neste hospital.

O HSL possui dois equipamentos para exames de tomografia, e um equipamento para exames de ressonância magnética. Cada tomógrafo está conectado a uma estação de trabalho SUN. Nas estações de trabalho está instalado o sistema Somaris da Siemens, que recebe as imagens no formato DICOM, e disponibiliza ao operador do tomógrafo as seguintes funcionalidades:

- Operar o tomógrafo para a realização do exame de tomografia;
- Visualizar as imagens que estão sendo geradas pelo exame, durante a aquisição das imagens;
- Armazenar as imagens e os dados do paciente na estação de trabalho, e no disco ótico que está ligado diretamente à estação de trabalho;
- Copiar as imagens, no formato DICOM, que estão armazenadas na estação de trabalho, para outros dispositivos de armazenamento;
- Marcar graficamente determinadas regiões da imagem, e colocar observações textuais na própria imagem;
- Registrar alguns dados do paciente, e algumas observações sobre o exame, que ficaram armazenadas junto às imagens.

Nos equipamentos de tomografia são realizados 1.200 exames mensalmente. As unidades da tomografia, estações de trabalho acopladas aos tomógrafos, possuem 2 GB para armazenar os dados dos exames, e as respectivas unidades de discos óticos possuem 650 MB para armazenar uma cópia temporária destes dados. Segundo as observações dos técnicos deste setor, a capacidade de armazenamento para os exames de tomografia é de 2 dias de exames.

O equipamento de ressonância magnética também está conectado a uma estação de trabalho SUN. Nesta estação está funcionando o sistema Numaris da Siemens, que disponibiliza ao operador do exame da ressonância magnética as mesmas funcionalidades descritas na tomografia computadorizada. Neste equipamento são realizados 320 exames mensalmente. E a unidade da ressonância magnética, estação de trabalho acoplada ao aparelho da ressonância magnética, possui 5 GB para armazenar os dados dos exames, e a respectiva unidade de disco ótico possui 17 GB para armazenar uma cópia temporária destes dados. Segundo as observações dos técnicos deste setor, a capacidade de armazenamento para os exames de ressonância magnética é de 7 dias de exames.

Nos sistemas Numaris e Somaris a única possibilidade de armazenar as imagens por um período mais longo é através da aquisição de uma grande quantidade de discos óticos, situação economicamente inviável para o hospital. E além do fator econômico, os sistemas da Siemens são sistemas fechados, que não permitem a expansão dos sistemas para as necessidades de diagnósticos e de informações anotadas nas imagens.

Para fins legais, os filmes das imagens são colocados em envelopes que são guardados em prateleiras na ordem de patologia. Sendo assim, a forma de recuperação de uma imagem é manual, e é imprescindível conhecer informações do paciente, do exame e a patologia diagnosticada. Este fato torna impraticável a recuperação de imagens na rotina diária do hospital. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de uma solução economicamente viável que agilize o armazenamento, e a recuperação das imagens do setor da radiologia.

5.5.2 Resultados Obtidos

Nesta seção são apresentados os resultados alcançados com os testes do protótipo, utilizando imagens geradas no ambiente do Centro de Diagnóstico por Imagem do HSL.

Inicialmente o protótipo testou o mapeamento automático de 35 imagens para o banco de dados. Das 35 imagens, 22 eram de ressonância magnética e 13 eram de tomografia computadorizada. No final do teste, todas as imagens de tomografias e 2 imagens de ressonância foram rejeitadas. Este fato confirma que para garantir a recuperação de informações consistentes, faz-se necessário a verificação das informações do cabeçalho da imagem. Este resultado também demonstra a necessidade de conscientização dos operadores dos equipamentos com relação às informações digitadas e mais, revela as unidades de exames mais críticas quanto ao preenchimento correto dos campos.

Apesar do percentual de imagens rejeitadas ser próximo ao 50%, o restante das imagens atualizou o banco de dados com as informações do paciente, estudo, suspeita inicial, série e imagem sem nenhum problema. E, as imagens foram armazenadas no ambiente *on-line* indicado pelo usuário na interface de configurações. Demonstrando, desta forma, a validade da atualização automática do banco de dados com as informações das classes do primeiro módulo do modelo.

O segundo teste realizado com o protótipo foi o da documentação dos diagnósticos no banco de dados. Nesta ocasião pôde-se observar que embora o sistema necessite da intervenção do usuário para obter as informações do diagnóstico, esta tarefa é facilitada pelo sistema, pois a maioria das informações não são digitadas e sim escolhidas a partir de dados previamente cadastrados. Este teste também revelou a

necessidade de alguns médicos, especialista em diagnóstico, se familiarizarem com a nomenclatura de regiões anatômicas e de patologias introduzidas pelo Colégio Americano de Radiologia (ACR).

O fato de um dos módulos do modelo não ter sido implementado, módulo de informações anotadas na imagem, comprovou a possibilidade de implementar o modelo por módulos, ou de não implementar o módulo 2 e 3 do modelo. Com essa facilidade o usuário pode implementar o modelo aos poucos, de acordo com suas necessidades e disponibilidade de recursos, e sem causar grande impacto no ambiente de radiologia.

Embora o gerenciamento automático tenha simulado os três ambientes (*on-line*, *near-line* e *off-line*) em um único equipamento, foi possível validar tanto os atributos da classe “Propriedades de Localização”, quanto os processos de distribuição e recuperação propostos na seção 4.3.4. Neste teste, os atributos da classe “Propriedades de Localização” foram atualizados através das informações preenchidas na tela “Configuração das propriedades do sistema” (figura 5.28).

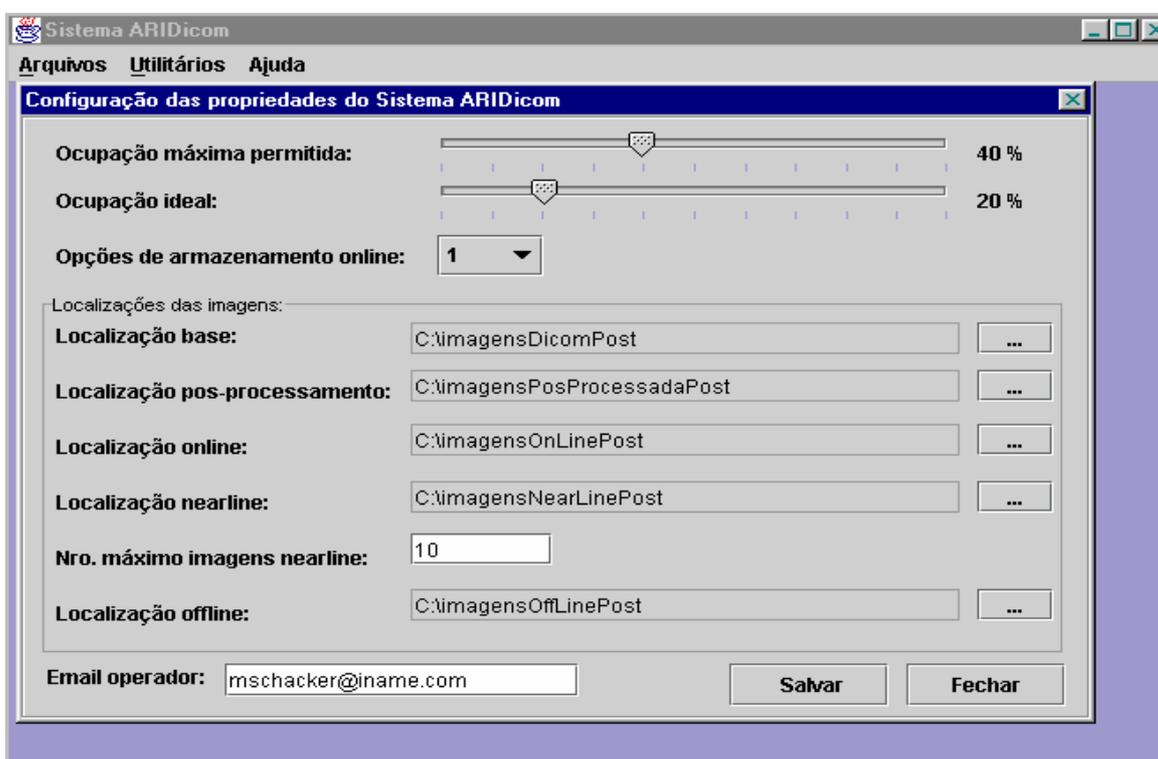


FIGURA 5.28 – Preenchimento da tela de configurações para o teste do gerenciamento automático da localização das imagens

Os campos da tela de configuração foram preenchidos com valores baixos (número máximo de imagens armazenadas no ambiente *near-line* igual a 10, percentual de ocupação ideal do ambiente *on-line* que pode ser disponibilizado para o armazenamento das imagens DICOM igual a 20%, e o percentual que estabelece o limite máximo de ocupação permitido para o ambiente *on-line* igual a 40%). Isto porque o ambiente de processamento estava localizado num único equipamento, e o propósito principal do teste foi o de avaliar a validade do processo propostos na seção 4.4.4. Como resultado final, pôde-se observar que o processo de distribuição das imagens proposto no capítulo 4 é viável, e flexível quanto às necessidades e recursos do usuário.

Da mesma forma que o processo de distribuição das imagens, o processo de recuperação das imagens também foi testado. Como pode ser visto através da seqüência de figuras (figura 5.29), (figura 5.30), (figura 5.31), (figura 5.32), (figura 5.33) e (figura 5.34) foi possível recuperar imagens que se encontravam nos três ambientes. A figura 5.29 mostra o diretório escolhido pelo usuário (C:/ImagensRecuperadas), com as imagens recuperadas automaticamente dos ambientes *on-line* e *near-line*. A figura 5.30 mostra a mensagem de aviso ao usuário que posteriormente serão recuperadas as imagens do ambiente *off-line*. A figura 5.31 mostra o *e-mail* enviado pelo sistema para o operador requisitando a cópia das imagens de *off-line* para o diretório escolhido pelo usuário. No protótipo, o processamento das requisições de cópia das imagens *off-line* pode ser feito através da opção de menu “Recuperação das imagens *off-line*”, que ativa a tela para processar requisições pendentes (figura 5.32). Esta tela possibilita o processamento de todos, ou de determinadas requisições pendentes. A figura 5.33 mostra o *e-mail* enviado pelo sistema para o usuário, comunicando o término da recuperação das imagens *off-line* requisitadas pelo usuário. E a figura 5.34 mostra o diretório do usuário que inicialmente estava com as imagens recuperadas do ambiente *on-line* e *near-line*, e agora também possui as imagens recuperadas do ambiente *off-line*.

Embora a recuperação das imagens que estão *off-line* necessite da intervenção humana, o processo de comunicação, do usuário com o ambiente operacional e vice-versa, é controlado pelo próprio sistema protótipo, através das comunicações por correio eletrônico enviadas pelo sistema para o usuário e para o ambiente operacional. Agilizando, desta forma, o processo de consulta das imagens recuperadas do ambiente *off-line*.

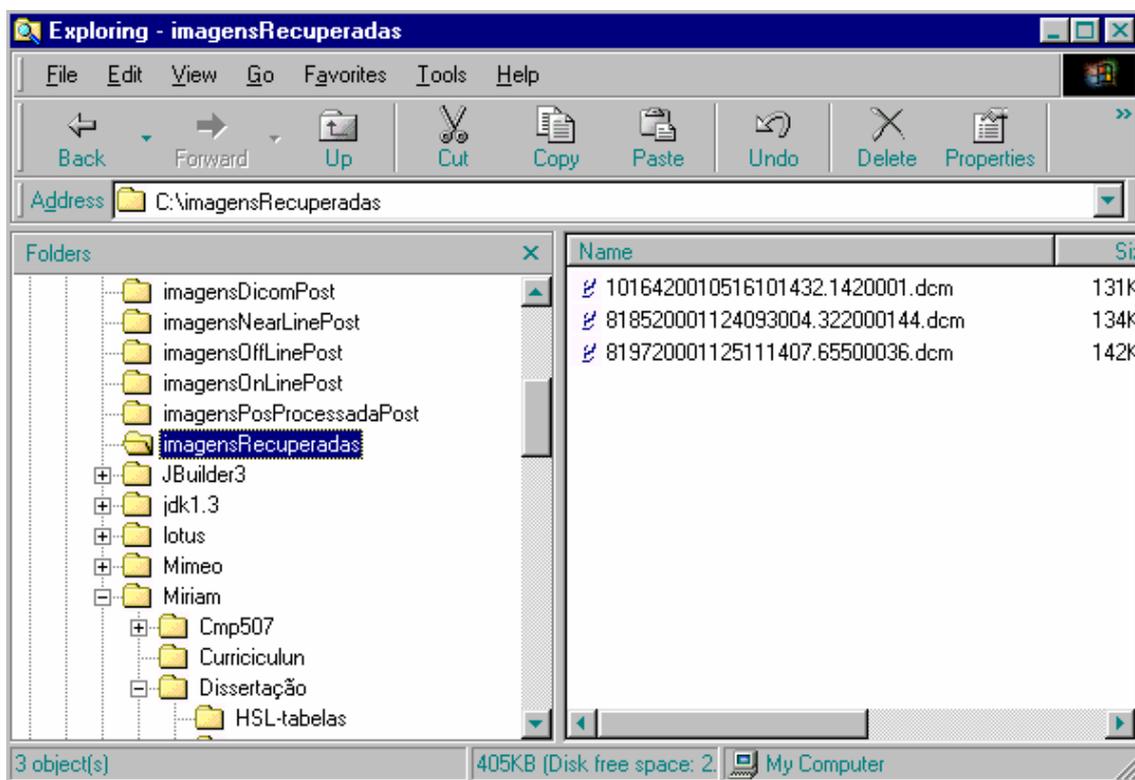


FIGURA 5.29 – Diretório com as imagens recuperadas automaticamente dos ambientes *on-line* e *near-line*

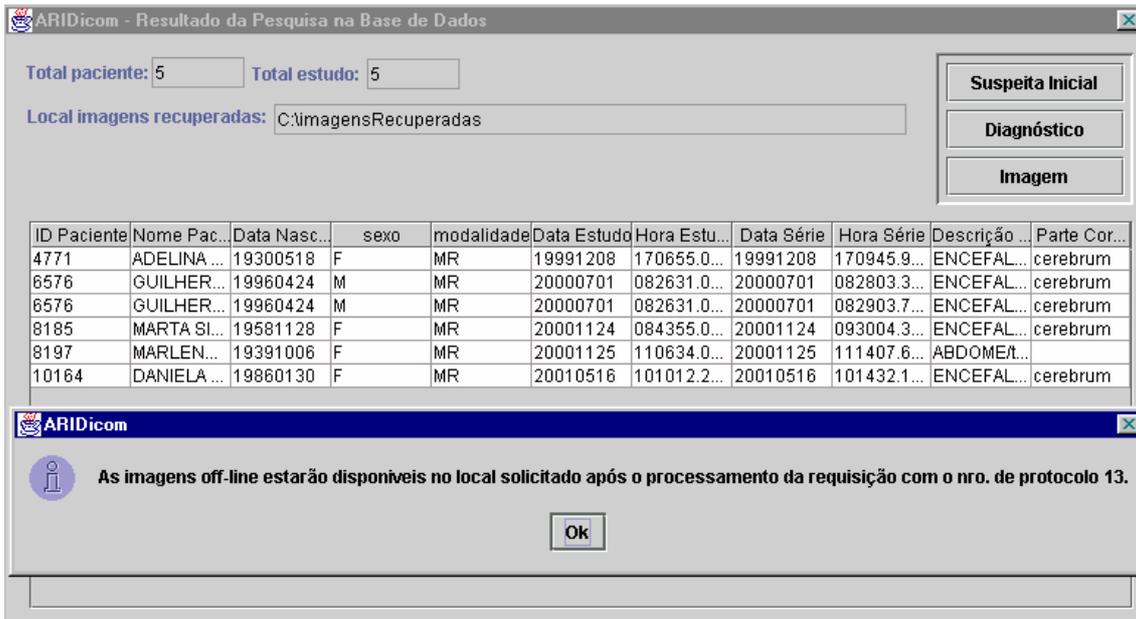


FIGURA 5.30 - Mensagem de aviso ao usuário sobre a recuperação das imagens *off-line*

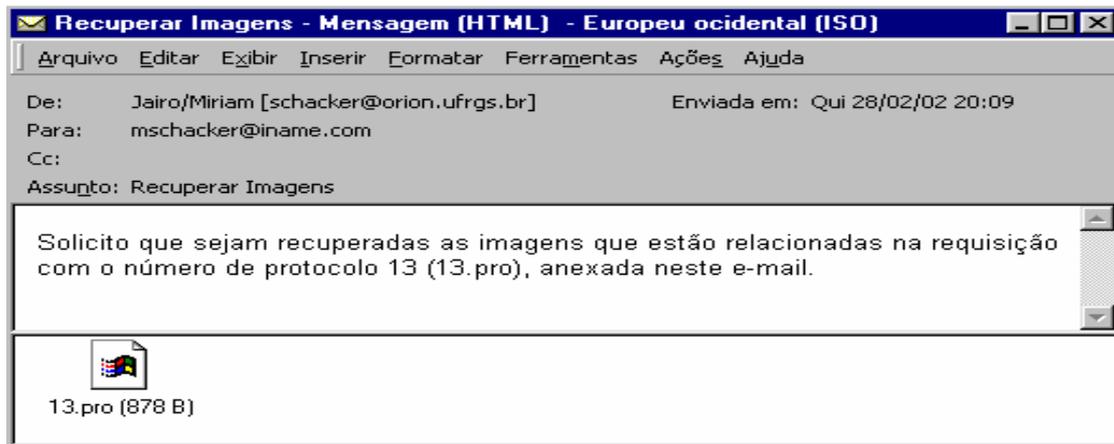


FIGURA 5.31 – E-Mail para o operador

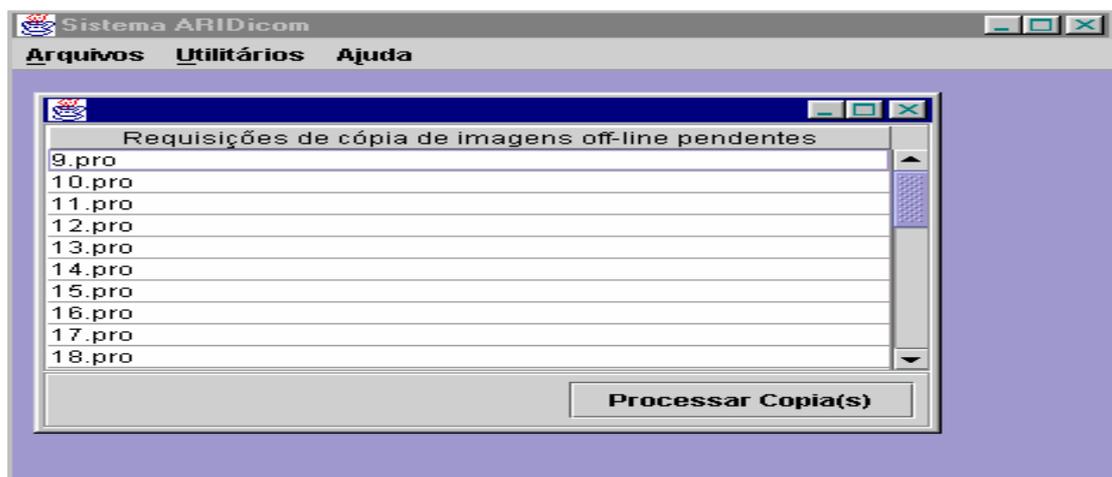


FIGURA 5.32– Tela para processar requisições pendentes

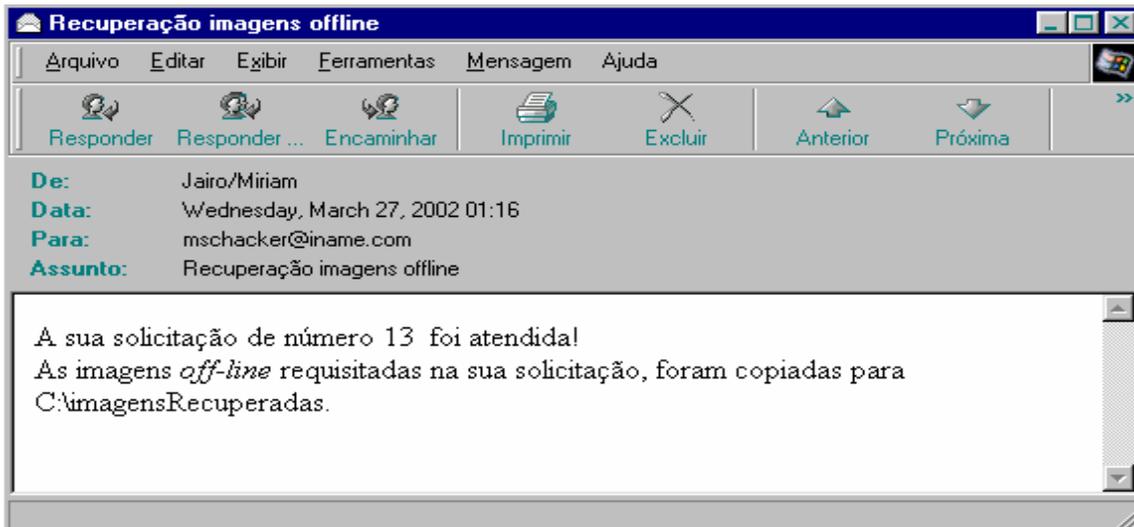
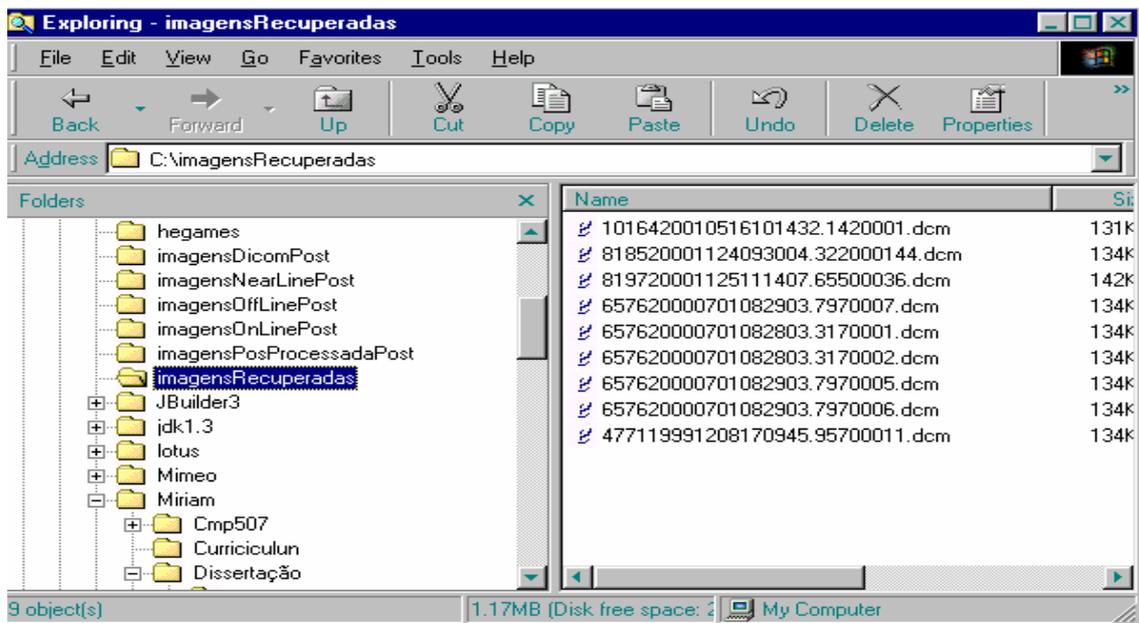


FIGURA 5.33 – E-Mail para o usuário

FIGURA 5.34 – Diretório com as imagens recuperadas dos ambientes *on-line*, *near-line* e *off-line*

Além de permitir a recuperação das imagens armazenadas nos três ambientes (*on-line*, *near-line* e *off-line*), o protótipo disponibilizou todas as propriedades das classes do modelo em duas interfaces de consulta: “Opções de pesquisa na base de dados” e “Opções sinais biológicos”. Desta forma, consultas por qualquer uma das propriedades das classes, ou pela combinação de várias propriedades, tornam-se possíveis.

No decorrer dos testes de consulta, foram observadas as várias possibilidades de consulta que o usuário pode montar dinamicamente, conforme suas necessidades. A seguir estão listadas algumas possibilidades de consultas que foram executadas com o protótipo.

- Recuperação de um determinado estudo (exame) de um paciente com seu respectivo diagnóstico;

- Recuperação de todos os estudos (exames) de um paciente com seus respectivos diagnósticos;
- Recuperação de todos os estudos sem diagnóstico;
- Recuperação de todos os estudos de tomografia (ou de qualquer outra modalidade, ou modalidades) realizados num determinado período de tempo;
- Recuperação de todos os estudos de ressonância magnética (ou qualquer outra modalidade, ou modalidades) realizados no cérebro (ou em qualquer outra parte do corpo);
- Recuperação de estudos e respectivos diagnósticos com determinada(s) suspeita(s) inicial(is);
- Recuperação de estudos cujo diagnóstico identificou determinada(s) doença(s);
- Recuperação de estudos cujo diagnóstico foi comprovado e identificou determinada(s) doença(s);
- Recuperação de estudos cujo diagnóstico realizado com base em determinada(s) região(ões) anatômica(s) identificou patologia(s) específicas;
- Recuperação de estudos cujo diagnóstico identificou determinado(s) sinal(is) biológico(s);
- Recuperação de imagens que melhor identificam determinadas patologias;
- Recuperação dos sinais biológicos que aparecem para descrever determinadas patologias;
- Recuperação dos estudos que identificaram determinadas patologias cujo valor do sinal biológico “densidade relativa” se encontra entre dois valores.

Todos os testes acima foram acrescidos, posteriormente, de mais três filtros na montagem da consulta, são eles: sexo do paciente, período de nascimento e período do estudo.

Certamente existem outras possibilidades de consultas que podem ser montadas a partir das variações e combinações dos campos disponíveis nas interfaces, e que ainda não foram testados. Mas, através das consultas executadas com o protótipo já foi possível avaliar o potencial da recuperação das informações que estão disponíveis no modelo proposto.

Entre as diversas finalidades para a recuperação das informações obtidas com os testes mencionados acima, as seguintes podem ser citadas: recuperação de imagens para fins legais; recuperação de imagens para tele-medicina; estudos de patologias e doenças; estudos da relação de sinais biológicos nas imagens com patologias; recuperação de imagens que melhor identificam determinadas patologias para fins didáticos; acompanhamento da qualidade do diagnóstico do setor de radiologia (através da avaliação das diversas versões de diagnóstico para um mesmo estudo); recuperação de diagnósticos comprovados que servem como base de pesquisas científicas; e acompanhamento da evolução de uma patologia (através da recuperação dos diagnósticos realizados em diferentes estudos de um mesmo paciente).

Pode-se dizer que o resultado alcançado pela implementação do modelo proposto justifica, tanto o acréscimo de cuidados iniciais no preenchimento das informações solicitadas nas interfaces dos sistemas de aquisição das imagens (ex:

informações do paciente e do exame solicitadas nos sistemas Somaris e Numaris), quanto a assimilação de novas nomenclaturas por médicos que interpretam a imagem (ex: nomenclatura de patologias e regiões anatômicas do ACR, e nomenclatura padronizada no serviço).

5.6 Considerações Finais

Neste protótipo foram implementados métodos que capturam automaticamente, das imagens DICOM, os valores das propriedades das classes do primeiro módulo do modelo. Em outras palavras, as classes do primeiro módulo são instanciadas automaticamente a partir dos métodos implementados para a carga automática das informações associadas ao exame no banco de dados, reduzindo em muito o trabalho dos usuários do sistema. O protótipo também implementa o gerenciamento automático da localização das imagens, de forma a usar de maneira otimizada os recursos de armazenamento do usuário, e permitir a recuperação da imagem de qualquer um dos ambientes: *on-line*, *near-line* ou *off-line*.

Já os métodos para a documentação do diagnóstico foram implementados utilizando a inserção manual de dados. Isto é, as classes do segundo módulo do modelo são instanciadas a partir da interação com o usuário, onde o valor da propriedade é digitado, ou selecionado nas interfaces.

Embora não tenha sido implementado nenhum método de captura para os valores das propriedades do terceiro módulo do modelo (módulo de informações anotadas nas imagens), este protótipo poderia ser estendido para adquirir os valores destas propriedades através do formato DICOM, ou através de uma das alternativas propostas na seção 4.3.3. Mas, o fato deste módulo não ter sido implementado, comprovou a possibilidade de implementar o modelo por módulos. Desta forma, o modelo pode ser implementado conforme as necessidades de um dado serviço de imageamento médico, e dos recursos disponíveis.

Também fez parte das implementações deste protótipo a implementação das interfaces de consulta, onde são disponibilizadas todas as propriedades de cada classe para que o usuário possa fazer a consulta de acordo com suas necessidades. E ainda, para aumentar as possibilidades de consulta, as interfaces permitem múltiplas escolhas nos campos de seleção, e permitem ao usuário informar períodos de tempos para os campos de datas. Os métodos da consulta foram implementados para montar dinamicamente o comando de busca (*queries*), através da concatenação de *queries*. Os resultados da consulta são visualizados em interfaces implementadas no protótipo, e as imagens correspondentes a consulta são copiadas para uma área de trabalho especificada pelo usuário. As interfaces contendo o resultado da consulta permitem, tanto a visualização dos valores das propriedades das classes, quanto a visualização de dados estatísticos (ex: total de pacientes e total de estudos recuperados, ver figura 5.20).

Para finalizar, o protótipo demonstrou na prática a viabilidade do modelo proposto no capítulo anterior, de modo a atender a necessidade de guardar um grande volume de imagens médicas para serem recuperadas, posteriormente, com base em informações associadas a estas imagens (ex: informações do paciente e do exame), e/ou informações obtidas na fase da interpretação das imagens (ex: patologias diagnosticadas, sinais biológicos e regiões anatômicas).

O próximo capítulo finaliza esse trabalho apresentando a conclusão deste estudo, assim como algumas sugestões para possíveis trabalhos futuros.

6 Conclusões

No desenvolvimento gradual e progressivo da tecnologia da informação, pode-se perceber a tendência de representar os diversos tipos de informação no formato digital. Segundo esta tendência, observa-se que a utilização de imagens médicas digitalizadas cresceu muito desde o seu surgimento. Considerando o volume crescente de imagens digitalizadas, aumenta também em importância o estudo da incorporação de objetos do tipo imagem nos bancos de dados.

Na área de banco de dados discute-se intensamente a modelagem conceitual, a qual tenta representar a semântica dos dados. A semântica de imagens é essencialmente extraída de seu conteúdo, e a menos que exista um método efetivo e sistemático para identificar esses conteúdos, o banco de dados irá degenerar para uma coleção de dados sem nenhuma semântica [GAR 99].

Tendo este aspecto em vista, o trabalho apresenta no capítulo 2, um estudo relacionado a imagens médicas estáticas. Com base neste estudo, pode-se concluir que as imagens médicas apresentam muitas particularidades, e necessidades específicas deste tipo de imagem. E no que se refere aos formatos de arquivos para armazenamento de imagens médicas, nenhum formato é tão completo quanto o DICOM.

Na procura por um padrão e modelos que pudessem representar a semântica de imagens médicas, de forma a permitir o armazenamento das mesmas para posterior recuperação, neste trabalho realizou-se um estudo dos sistemas comerciais, e a nível de pesquisa, que utilizam a descrição de imagens, e que facilitam a recuperação de imagens em bancos de dados.

Com base neste estudo conclui-se que os sistemas comerciais VIR e QBIC não se preocupam em definir todas as possíveis características de uma imagem, e são dependentes de determinados bancos de dados (i.e. o banco de dados Oracle8i para o sistema VIR, e o banco de dados DB2 *Image Extender* para sistema QBIC). Os sistemas VIR e QBIC possuem facilidades para extrair características das imagens, e para documentar automaticamente estas características no banco de dados. Pensando no uso de um banco de dados para armazenar e recuperar imagens na prática, o que realmente interessa é a possibilidade de efetuar consultas baseadas em informações referentes ao conteúdo semântico da imagem, e não somente em características como cor, textura e formas predominantes.

Por outro lado, no modelo DISIMA, existem formas de utilizar metadados para descrever imagens, porém não foi encontrada uma forma para especificar de maneira sistemática e mais completa os elementos descritores de imagens.

Já o esquema “Metadados para Documentação e Recuperação de Imagens” é um modelo bem mais abrangente e detalhado do que as soluções anteriores. Pois o modelo possibilita a descrição e recuperação de imagens em bancos de dados, levando em consideração informações técnicas e informações sobre o conteúdo semântico das imagens. Mas este modelo não é especificamente voltado para as imagens do domínio da área médica. O modelo foi desenvolvido para descrever imagens estáticas digitais do tipo fotografia, pintura ou gravura. Desta forma, o modelo não é adequado para descrever a semântica extraída das imagens médicas.

De acordo com a análise feita nos três primeiros capítulos deste trabalho, foi possível identificar três fatos importantes que devem ser considerados para o

armazenamento de imagens médicas em banco de dados, são eles: (a)- o formato DICOM é um formato padrão para imagens médicas, (b)- modelos de metadados são necessários para descrever o conteúdo e a semântica dos dados associados às imagens em qualquer domínio de aplicação, e (c)- não existe um consenso em torno de uma padronização de fato para a descrição de imagens médicas.

Portanto percebe-se a necessidade da especificação dos metadados apropriados às imagens médicas, que descrevam as características relacionadas ao conteúdo semântico das mesmas, e que considere o padrão DICOM como forma de armazenamento das imagens.

6.1 Principais Contribuições

Esse trabalho tem como principal contribuição o desenvolvimento de um modelo conceitual para o armazenamento, a descrição e recuperação de imagens médicas estáticas no formato DICOM. O modelo proposto permite a descrição dos diferentes tipos de informações que estão associados à imagem DICOM, isto é, informações complementares da imagem (metadados independentes do conteúdo), informações descritivas do conteúdo semântico da imagem (metadados descritivos do conteúdo), e informações descritivas do conteúdo físico da imagem (metadados dependentes do conteúdo). E, ainda, o modelo é independente de qualquer tecnologia de banco de dados.

Visando diferentes níveis de necessidades das instituições e considerando os diferentes tipos de informações associados à imagem, o modelo está dividido em três módulos. As classes pertencentes ao primeiro módulo do modelo conceitual viabilizam a documentação das informações associadas ao exame (metadados independentes do conteúdo); as classes pertencentes ao segundo módulo viabilizam a documentação das informações associadas à interpretação das imagens (metadados descritivos do conteúdo); e finalmente, as classes do terceiro módulo viabilizam a documentação das informações anotadas na imagem (metadados dependentes do conteúdo) e (metadados descritivos do conteúdo). Desta forma, o modelo pode ser implementado gradualmente, conforme as necessidades e recursos disponíveis.

O trabalho além de propor um modelo para armazenar e recuperar imagens DICOM, propõe uma metodologia para a aquisição dos metadados da imagem e o gerenciamento automático da localização física das imagens. A metodologia prevê a extração automática dos dados da imagem correspondentes as propriedades das classes do primeiro módulo do modelo. Para o segundo módulo, a metodologia prevê a aquisição das propriedades das classes referentes à interpretação das imagens com pouca intervenção do usuário, onde quase todos os dados já estão pré-definidos e são de simples escolha. Para o terceiro módulo, a metodologia prevê alternativas automáticas e semi-automáticas para a aquisição das informações anotadas na imagem, dependendo do nível de conformidade do fornecedor do equipamento do exame com o DICOM.

Considerando o grande volume de espaço ocupado por estas imagens, o modelo propõe o armazenamento das imagens em um ambiente separado do banco de dados. No entanto, o modelo garante a localização e a recuperação das imagens através do gerenciamento da localização das mesmas. Este gerenciamento mantém o banco de dados atualizado quanto à localização atual da imagem; mantém as imagens armazenadas e distribuídas em mídias, conforme os recursos físicos disponíveis para o

armazenamento (ambientes: *on-line*, *near-line* e *off-line*); e auxilia na recuperação das imagens.

No modelo, as imagens continuam no seu formato original, formato DICOM, permitindo, desta forma, a interoperabilidade das mesmas com outras soluções, e com os softwares de processamento de imagens médicas disponíveis para o formato DICOM.

O modelo especificado foi implementado em um sistema protótipo, que foi apresentado no capítulo 5, em um ambiente que possibilita o armazenamento, a carga e recuperação de imagens baseadas em seus metadados. Na implementação foi utilizado o Postgres, um SGBD orientado a objeto disponível gratuitamente na internet.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Podem ser sugeridos alguns temas que possivelmente darão continuidade ao presente trabalho:

- Estender o modelo proposto, que visa somente a documentação e recuperação de imagens médicas estáticas, de forma a tratar também as imagens dinâmicas como por exemplo: ecografias, angiografias, coronarioangiografias e outras;
- Estender softwares livres que comercializam os seus códigos fontes, como o software OSIRES, para permitir a extração automática das informações processadas e anotadas na imagem (ROI, medidas de distância, medida de ângulos, anotações, histogramas e outras informações);
- Estender o modelo proposto para permitir medidas de segurança, tais como: permissão do usuário para consultar as imagens e respectivos dados, permissão do usuário para inserir o diagnóstico médico, e permissão do sistema para gravar as imagens recuperadas no local indicado pelo usuário.
- Desenvolver algoritmos que aprendam a extrair automaticamente os sinais biológicos das regiões marcadas como região de interesse, e a partir de determinados sinais biológicos possa sugerir possíveis patologias relacionadas ao exame;
- Estender o protótipo implementado para possibilitar as seguintes situações:
 - Implementar o terceiro módulo do modelo a fim de disponibilizar consultas as imagens através dos dados anotados na imagem;
 - Desenvolver um módulo de gerenciamento da qualidade do diagnóstico no setor da radiologia baseado nos histórico dos diagnósticos armazenados no banco de dados;
 - Desenvolver um módulo de acompanhamento periódico no desenvolvimento de patologias.

Anexo Exemplos de *Softwares* que Apresentam Facilidades para Extrair Informações Anotadas na Imagem DICOM

Software FP Image

Na seção 2.4 são exemplificadas as diversas possibilidades de processamento deste *software*, como por exemplo: fazer anotações na imagem (figura 2.24), construção de histograma, selecionar regiões de interesse (figura 2.24), comandos gráficos (ex: desenhos de elipses, linhas, círculos, polígonos e retângulos) (figuras 2.25, 2.26, 2.27 e 2.28), extrair informações de medidas da imagem (ex: estatísticas das regiões de interesse, distância e ângulo) (figuras 2.25, 2.26 e 2.27). E, ainda, visualizar todos os valores dos *pixels* que estão dentro de uma determinada área (figura 2.29).

Neste apêndice são apresentadas as facilidades do *software* FP Image relevantes para a extração e carga das informações anotadas na imagem. A figura A.01 exemplifica regiões de interesse inseridas pelo usuário através do *software* FP Image. Também é mostrado, nesta figura, informações calculadas pela mesma ferramenta e anotadas na imagem.

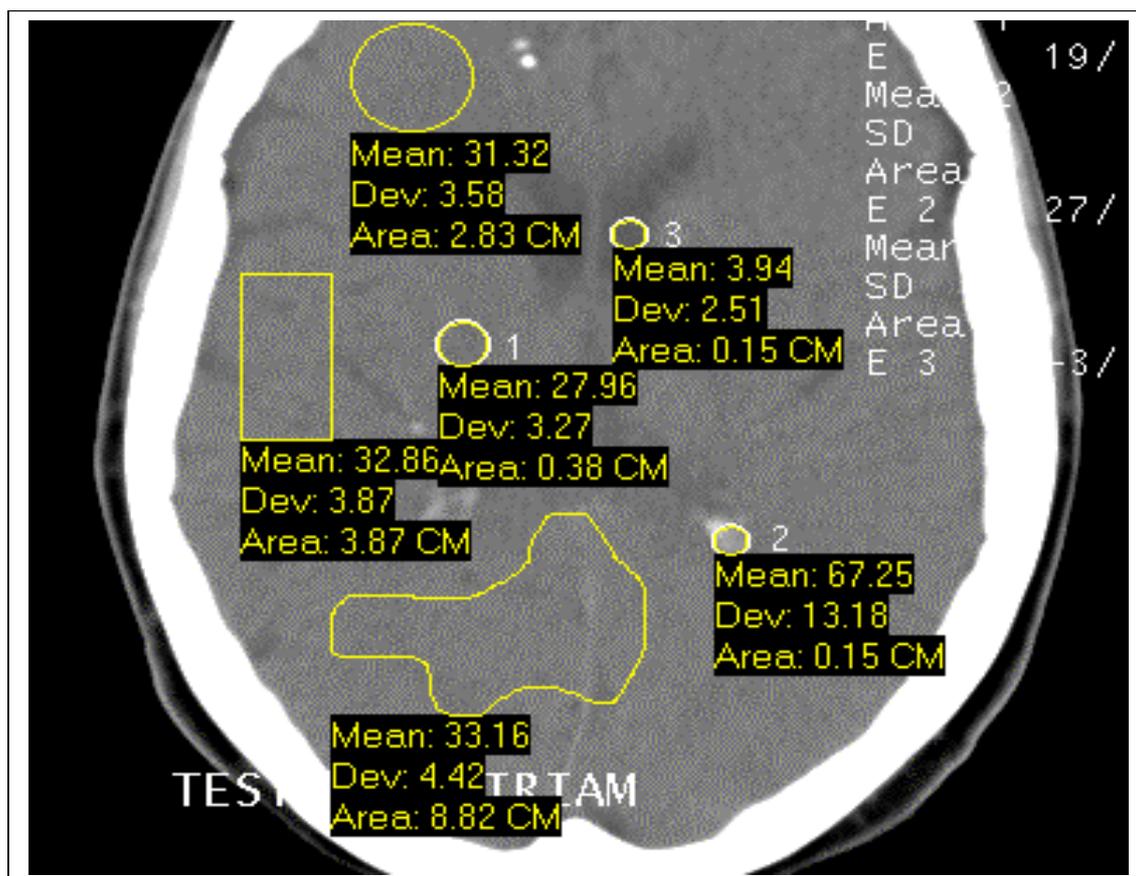


FIGURA A.01 – Exemplo do processamento de imagem utilizando o FPIMAGE

O FP Image possibilita a inserção de novos programas (*scripts*) no processamento do *software*. Estes novos *scripts* são desenvolvidos pelo usuário e processados junto com as ferramentas do processador de imagens. Com os novos *scripts* incluídos no FP Image é possível fazer a carga automática das informações anotadas na

imagem, e também carregar as informações das regiões de interesse inseridas por outros *softwares*. Para extrair informações das regiões de interesse inseridas por outros *softwares* é necessário que o usuário clique dentro da região de interesse, através deste evento (*on click*) o *software* identifica a região de interesse e extrai as informações sobre esta região de interesse .

A figura A.02 apresenta um *script* desenvolvido para extrair as informações das regiões de interesse e gravá-las em arquivo texto.

```

SCRIPT:
tab = 9
cr = 13
lf = 10
fid = 0
getfilesize fsize $txtfile
fopen fid $txtfile
if fsize > 1
fseek fid fsize
endif
x = ulx + (roi_width / 2)
y = uly + (roi_height / 2)
$cell = (" x ", " y ") "
fwrite fid $cell 15
fwrite fid tab u8
x = round(roi_width * pixsize * 10) * .01
y = round(roi_height * pixsize * 10) * .01
$cell = (" x " "x" y ") "
fwrite fid $cell 20
fwrite fid tab u8
$cell = sqcm " "
fwrite fid $cell 20
fwrite fid tab u8
$cell = mean " "
fwrite fid $cell 12
fwrite fid tab u8
$cell = dev " "
fwrite fid $cell 12
fwrite fid cr u8
fwrite fid lf u8
fclose fid

```

FIGURA A.02 – Exemplo de um *script* desenvolvido para extrair informações dos ROIs

Para que o processador de imagens do FP Image reconheça este novo *script* é necessário inseri-lo no arquivo de *script* do *software* FP Image, e depois carregá-lo para o módulo de processamento, através dos comandos de menu [*Process | Load New Script*]. Desta forma, toda vez que uma região de interesse de uma imagem é selecionado o novo *script* é processado. O processamento do *script* gera um arquivo texto com informações sobre o ROI, descritas na tabela A.01. O conteúdo do *script* exemplificado acima é muito simples, pois visa, simplesmente, dar uma visão do que pode ser feito para extração de dados de imagens médicas. E, ainda, mostra que as informações geradas pelo *script* podem ser utilizadas na carga das informações para o banco de dados.

O *script*, apresentado na figura A.02, processado sobre a imagem da figura A.01 gerou um arquivo texto exibido na próxima tabela.

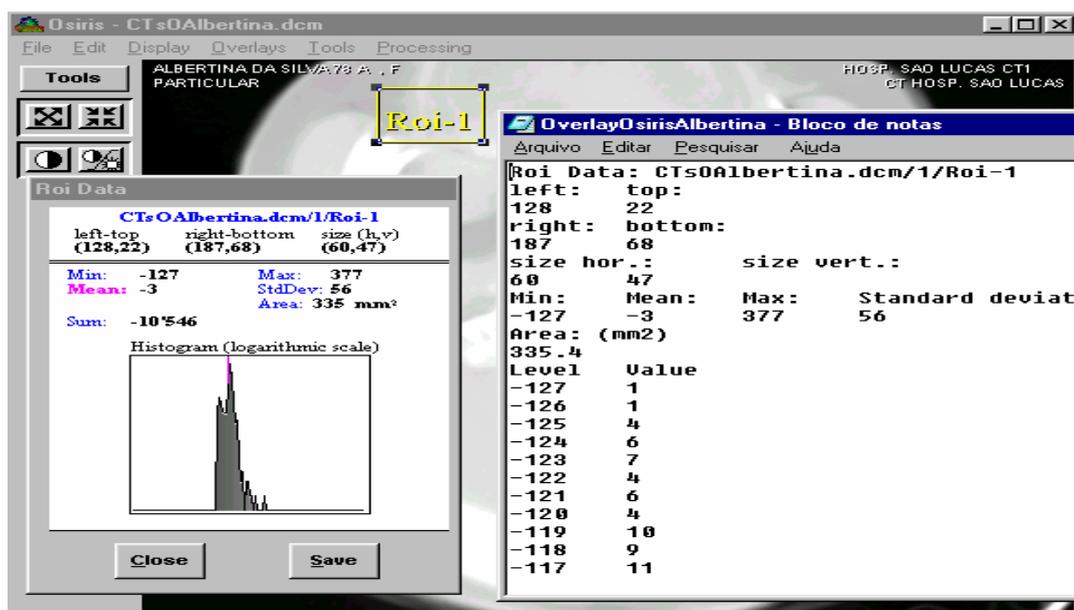
TABELA A.1 – Arquivo texto gerado pelo FP Image

Coordenadas X, Y iniciais	Largura x Altura do ROI	Area do ROI cm	Mean (intensidade media dos <i>pixels</i> do ROI)	DEV (desvio padrão da intensidade média)
(209.5 , 260.5)	(0.73 x 0.73)	0.38	27.96	3.27
(304.5 , 337.5)	(0.47 x 0.47)	0.15	67.25	13.18
(268.5 , 217.5)	(0.47 x 0.47)	0.15	3.94	2.51
(192 , 156.5)	(1.89 x 1.85)	2.83	31.32	3.58
(147 , 265.5)	(1.38 x 2.8)	3.87	32.86	3.87
(218.5 , 366.5)	(4.79 x 3.4)	8.82	33.16	4.42

A grande contribuição do FP Image para a carga das informações anotadas na imagem está na possibilidade de associar *scripts* ao processamento das imagens. Através dos *scripts*, o usuário poderá desenvolver uma solução que extraí as informações anotadas na imagem, e grave automaticamente estas informações no banco de dados, segundo as classes do terceiro módulo do modelo. Mas para este processo é necessário que as informações sejam anotadas pelo *software* FP Image, ou identificadas por ele. O *software* FP Image é um *software* comercial, isto significa que o usuário precisa comprá-lo para efetuar a implementação.

Software OSIRIS

Da mesma forma do FP Image, o *software* OSIRIS também extraí informações da imagem com base na interação do usuário com o *software*. A próxima figura, figura A.03, exemplifica o *software* OSIRIS exibindo três janelas: a primeira janela com a imagem e uma anotação de ROI, a segunda janela com as informações do ROI anotado na imagem, e terceira janela (bloco de notas) com os dados gravados em um arquivo texto.

FIGURA A.03– Exemplo do processamento de imagem utilizando o *software* OSIRIS

Como pode ser observado na figura A.03, o *software* exibe as informações extraídas da imagem em uma janela com o nome da informação, neste caso “ROI

DATA”, e esta janela disponibiliza o botão “*save*”. Por sua vez, o evento “*save*” grava as informações extraídas da imagem em um arquivo texto, janela “Bloco de notas”.

Embora o processo descrito necessite da intervenção do usuário para salvar as informações, e o arquivo texto não seja uma boa opção para mapear estas informações para o banco de dados, os programas fontes do *software* OSIRIS estão escritos em “C” e disponíveis para compra. Assim, o *software* pode ser comprado e estendido a fim de possibilitar a carga automática destas informações para o banco de dados.

A apresentação deste dois *softwares* dá uma visão de como pode ser desenvolvida uma solução automática para a carga das informações anotadas na imagem. E, também, demonstram a necessidade de custos adicionais para a implementação das mesmas.