UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

EDILSON CARLOS CARITÁ

***SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE IMAGENS PARA AMBIENTE
HOSPITALAR COM SUPORTE À RECUPERAÇÃO DE IMAGENS
BASEADA EM CONTEÚDO***

Ribeirão Preto
2006

EDILSON CARLOS CARITÁ

**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE IMAGENS PARA AMBIENTE
HOSPITALAR COM SUPORTE À RECUPERAÇÃO DE IMAGENS
BASEADA EM CONTEÚDO**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em Ciências
Médicas.

Área de concentração: Clínica Médica – Opção
Investigação Biomédica

Orientador: Prof. Dr. Paulo Mazzoncini de
Azevedo Marques

Ribeirão Preto
2006

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, **DESDE QUE CITADA A FONTE.**

FICHA CATALOGRÁFICA

Caritá, Edilson Carlos

Sistema de gerenciamento de imagens para ambiente hospitalar com suporte à recuperação de imagens baseada em conteúdo / Edilson Carlos Caritá :--
Ribeirão Preto, 2006.

179 p.

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (Pós-Graduação em Ciências Médicas. Área de Concentração: Clínica Médica – Opção: Investigação Biomédica).

Orientador Azevedo-Marques, Paulo Mazzoncini de

1. PACS, 2. Sistemas de Informação em Saúde, 3. Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo, 4. Imagens Médicas

FOLHA DE APROVAÇÃO

Edilson Carlos Caritá

Sistema de Gerenciamento de Imagens para Ambiente Hospitalar com Suporte à Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em Ciências
Médicas.

Área de concentração: Clínica Médica – Opção
Investigação Biomédica

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques

Instituição: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP/USP

Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos

Instituição: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP/USP

Prof. Dr. José Augusto Baranauskas

Instituição: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto – FFCLRP/USP

Profª. Dra. Agma Juci Machado Traina

Instituição: Instituto de Ciências Matemáticas e Computação – ICMC/USP

Prof. Dr. Valdair Francisco Muglia

Instituição: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP/USP

DEDICATÓRIA

A Deus pela vida e oportunidade de crescimento e conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, pelo amor, carinho, companheirismo, dedicação e apoio em todos os momentos de minha vida.

Ao meu irmão pelo apoio e amizade.

A Silvia, por me apoiar e me incentivar sempre.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques, meu orientador, pela orientação, apoio, cooperação e confiança oferecidos na realização deste trabalho.

Ao grande amigo Enzo Seraphim, que me auxiliou nos momentos mais complicados, elucidando dúvidas e mostrando novas alternativas.

Aos amigos André Matos e Luciano Saraiva, pelo apoio e companheirismo durante a realização deste trabalho.

Ao amigo Marcelo Ossamu Honda, pela amizade e presteza.

Ao Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos docentes e funcionários do Centro de Ciências das Imagens e Física Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pelo apoio e espaço para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos e colegas conhecidos nesta etapa e aqueles que mesmo de longe torceram por mim.

“É difícil dizer o que é impossível, pois a fantasia de ontem é a esperança de hoje e a realidade de amanhã”.

Autor desconhecido

RESUMO

CARITÁ, E. C. Sistema de Gerenciamento de Imagens para Ambiente Hospitalar com Suporte à Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo. 2006. 179f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP, 2006.

Neste trabalho é apresentada a implantação de um servidor de imagens médicas com a implementação e integração de módulos para recuperação textual e baseada em conteúdo para o Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP) da Universidade de São Paulo (USP). O sistema permite a aquisição, gerenciamento, armazenamento e disponibilização das informações dos pacientes, seus exames, laudos e imagens através da *internet*. Os exames radiológicos e suas respectivas imagens podem ser recuperados por informações textuais ou por similaridade do conteúdo pictórico das imagens. As imagens utilizadas são de ressonância magnética nuclear e tomografia computadorizada e são geradas no padrão DICOM 3.0. O sistema foi desenvolvido contemplando tecnologias para *Web* com interfaces amigáveis para recuperação das informações. Ele é composto por três módulos integrados, sendo o servidor de imagens, o módulo de consulta textual e o módulo de consulta por similaridade. Os resultados apresentados indicam que as imagens são gerenciadas e armazenadas corretamente, bem como o tempo de retorno das imagens é clinicamente satisfatório, tanto para a consulta textual como para a consulta por similaridade. As avaliações da recuperação por similaridade apresentam que o extrator escolhido pode ser considerado relevante para separar as imagens por região anatômica.

Palavras-chave: CBIR, PACS, DICOM, Imagens Médicas, Sistemas de Informação em Saúde.

ABSTRACT

CARITÁ, E. C. Management System of the Image Server to Environment Hospitalar with Content-Based Image Retrieval Support. 2006. 179f. Thesis (Doctoral) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP, 2006.

This work introduces an the development of a server of medical images with the implementation and integration of modules to query/retrieve text information and content-based to Radiology Service of Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP) at Universidade de São Paulo (USP). The system allows the acquisition, management, archiving and availability of the patients information, theirs exams, results and images through of internet. The radiological exams and theirs respectives images can be retrieved by text information or similarity of pictorial content of images. Images are from magnetic resonance nuclear and computadorized tomography and are given using DICOM 3.0 protocol. The system has been developed considering web technologies with friendly interfaces to retrieval of information. It is composed by three integrated modules: the image server module, the query text module and query by similarity module. Results show that images are managed and archived exactly, retrieval time of images is clinically satisfactory, considering both the text query as well as the query by similarity. The evaluation of the retrieval by similarity shows the chosen extractor can be considered relevant to separate the images by anatomic region.

Keywords: CBIR, PACS, DICOM, Medical Images, Health Information System.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas.....	iv
Lista de Siglas.....	vi
1 Introdução.....	1
1.1 Objetivos do Trabalho	2
1.2 Estruturação da Tese.....	2
2 Sistemas de Informação em Saúde	4
2.1 Sistema de Informação Hospitalar.....	4
2.2 Sistema de Informação em Radiologia.....	15
2.2.1 Integração HIS/RIS/PACS	19
3 <i>Picture Archiving and Communication System (PACS)</i>	24
3.1 Subsistemas de um PACS	26
3.1.1 Aquisição de Imagens.....	26
3.1.2 Disponibilização de Imagens.....	29
3.1.3 Exibição de Imagens.....	30
3.1.4 Armazenamento de Imagens	31
3.2 Interfaces para PACS.....	35
3.3 Infra-Estrutura para PACS	36
4 Radiologia sem Filme.....	49
5 Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo	56
5.1 Extração das Características da Imagem	62
5.1.1 Cor	62
5.1.2 Textura.....	64
5.1.3 Forma.....	66
5.2 Medidas de Similaridade	67
5.3 Tipos de Consultas por Similaridade.....	69
5.3.1 Consulta por Raio de Abrangência (<i>Range Query</i> – RQ)	69
5.3.2 Consulta aos K Vizinhos mais Próximos (<i>K-Nearest Neighbor Query</i> – KNNQ)	69
5.4 Sistemas CBIR Comerciais e Acadêmicos.....	70
5.5 Sistemas CBIR na Área Médica	72
6 Materiais e Métodos	83
6.1 Arquitetura do PACS-CBIR.....	83
6.2 Servidor de Imagens	85
6.3 Módulo para Recuperação Textual.....	92
6.4 Módulo para Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo.....	100
6.4.1 Extração de Atributos	102
6.4.2 Estrutura de Indexação	102
6.4.3 Interface para Consulta de Imagens Similares	106
7 Resultados e Discussões	108
7.1 Avaliação do Servidor de Imagens (PACSONE HCFMRP).....	108
7.2 Avaliação do Módulo para Recuperação Textual.....	111
7.3 Avaliação do Módulo para Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo.....	117
8 Conclusões.....	120
8.1 Conclusões Finais	120
8.2 Sugestões para Trabalhos Futuros	122
Referências Bibliográficas.....	124

Glossário.....	140
Apêndice A – Padrões e Protocolos (DICOM, HL7 E IHE).....	143
Apêndice B – Descritores de Textura.....	175

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Computador centralizado com rede em arquitetura estrela para um hospital.	8
Figura 2.2 – Estrutura do PACS (HCRP)	22
Figura 3.1 – Estrutura básica de um PACS	26
Figura 3.2 – Fluxo de dados para aquisição das imagens em um PACS.....	28
Figura 3.3 – Gráfico da capacidade <i>versus</i> performance característica de armazenamento de mídia digital.....	34
Figura 3.4 – Componentes básicos e fluxo de dados de um PACS.....	38
Figura 3.5 – Arquitetura básica para PACS baseado em componentes <i>Web</i>	42
Figura 4.1– Gráfico da redução em números de estudos pendentes.....	50
Figura 4.2 – Gráfico da redução em solicitação de novas imagens.....	50
Figura 5.1 – Arquitetura de um Sistema CBIR	59
Figura 5.2 – Mesmo histograma de cores (dois níveis de cinza) associado a quatro imagens distintas.....	64
Figura 5.3 – Exemplos de textura (a) suave, (b) áspera, (c) regular.....	65
Figura 5.4 – Arquitetura do protótipo para recuperação baseada em conteúdo de imagens dinâmicas.....	74
Figura 6.1 – Arquitetura proposta para um PACS-CBIR.....	84
Figura 6.2 – Interface de inicialização e configuração do servidor.....	87
Figura 6.3 – Tela de <i>login</i> do servidor PACSOne HCFMRP.....	88
Figura 6.4 – Tela principal do servidor PACSOne HCFMRP	89
Figura 6.5 – Tela para cadastro dos parceiros DICOM.....	90
Figura 6.6 – Tela para verificação dos parceiros DICOM	90
Figura 6.7 – Modelagem da base de dados do PACSOne HCFMRP.....	91
Figura 6.8 – Tela Inicial do Sistema.....	92
Figura 6.9 – Tela apresentando o resultado da autenticação do usuário	93
Figura 6.10 – Menu Principal do Sistema	94

Figura 6.11 – Tela da opção de consulta complexa.....	95
Figura 6.12 – Resultado de uma consulta por nome/sobrenome do paciente.....	95
Figura 6.13 – Exames de um paciente selecionado, após consulta por nome/sobrenome	96
Figura 6.14 – Resultado de uma consulta por Região Anatômica/Exame	96
Figura 6.15 – Imagens do exame consultado	97
Figura 6.16 – Laudo completo de um exame	98
Figura 6.17 – Modelagem da base de dados do RIS HCFMRP	99
Figura 6.18 – <i>Applet</i> para visualização das imagens DICOM.....	100
Figura 6.19 – Representação de um nó índice da <i>Slim-Tree</i>	104
Figura 6.20 – Representação de um nó folha da <i>Slim-Tree</i>	104
Figura 6.21 – Tela para escolha da imagem de referência	107
Figura 7.1 – Transferência de exames para o Servidor PACSOne HCFMRP através do <i>software eFilm</i>	109
Figura 7.2 – Validação de um parceiro DICOM do PACSOne HCFMRP	110
Figura 7.3 – Resultado da consulta teste 1	113
Figura 7.4 – Resultado da consulta teste 2	113
Figura 7.5 – Resultado da consulta por similaridade.....	119
Figura 1a – Âmbito do DICOM em informática médica.....	148
Figura 2a – As partes do DICOM e suas relações.....	153
Figura 3a – Principais estruturas do modelo de um objeto de informação DICOM	155
Figura 4a – Exemplo de fluxo de trabalho utilizando DICOM	158
Figura 5a – Modelo de informação SR.....	162
Figura 6a – Exemplo de uma árvore SR.....	163
Figura 7a – Conteúdo de um arquivo DICOM	165
Figura 8a – Codificação de um elemento DICOM.....	166
Figura 9a – Exemplo de transação de mensagens HL7	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espaço necessário para o armazenamento de cada estudo considerando a modalidade.....	32
Tabela 2 – Capacidade de armazenamento da mídia digital, tempo de recuperação e custo por GB de armazenamento.....	33
Tabela 3 – Alta disponibilidade X período de inatividade	34
Tabela 4 – Índices utilizados para avaliação do Sistema.....	114
Tabela 5 – Resultado da avaliação dos médicos especialistas.....	115
Tabela 6 – Resultado final da avaliação pelos médicos especialistas	115
Tabela 7 – Resultado da avaliação pelos profissionais da área de saúde e profissionais de informática em saúde.....	116
Tabela 8 – Resultado final da avaliação pelos profissionais da área de saúde e profissionais de informática em saúde	116
Tabela 9 – Número de casos e imagens por região anatômica.....	117
Tabela 10 – Resultados obtidos considerando a região anatômica retornada	118
Tabela 11 – Resultados obtidos considerando o laudo e a relevância do laudo.....	118

LISTA DE SIGLAS

ACC	Colégio Americano de Cardiologia
ACR	<i>American College of Radiology</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
ASP	<i>Active Server Pages</i>
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
BCMA	<i>Bar Code Medication Administration</i>
CBIR	<i>Content-Based Image Retrieval</i>
CCD	<i>Charge-coupled device</i>
CCIFM	Centro de Ciências das Imagens e Física Médica
CDA	<i>Clinical Document Architecture</i>
CDC	<i>Control Data Corporation</i>
CIA	Centro de Informações e Análises
CFM	Conselho Federal de Medicina
CGI	<i>Common Gateway Interface</i>
CNN	<i>Clinton News Network</i>
CR	Radiografia Computadorizada
CS	<i>Code String</i>
CTN	<i>Central Test Node</i>
DICOM	<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i>
DMS	<i>Data Mining Server</i>
DND	Divisão de Nutrição e Dietética
DVD	<i>Digital Video Disk</i>
ECG	Eletrcardiograma
GB	<i>Gigabyte</i>
GIF	<i>Graphic Interchange Format</i>
GIFT	<i>GNU Image Finding Tool</i>
HCFMRP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
HD	<i>Hard Disk</i>
HIMSS	<i>Health Information Management and Systems Society</i>
HIS	Sistema de Informação Hospitalar
HL7	<i>Health Level 7</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IHE	<i>Integrating the Healthcare Enterprise</i>
IIS	<i>Internet Information Server</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IRDB	<i>Image Reference Databases</i>
ISO	<i>International Standards Organization</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
JMS	<i>Java Message Service</i>
JSP	<i>JavaServer Pages</i>
KNNQ	<i>k-Nearest Neighbor Query</i>
LDAP	<i>Lightweight Directory Access Protocol</i>
MAM	Método de Acesso Métrico
MB	<i>Megabyte</i>

MIME	<i>Multipurpose Internet Mail Extension</i>
MN	Medicina Nuclear
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>
MST	<i>Minimal Spanning Tree</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufacture's Association</i>
ODBC	<i>Open Database Connectivity</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PACS	<i>Picture Archiving and Communication System</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistants</i>
PEP	Prontuário Eletrônico do Paciente
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PERL	<i>Practical Extraction and Reporting Language</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
QBIC	<i>Query By Image Content</i>
RAID	<i>Redundant Array of Inexpensive Disks</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
RIM	<i>Reference Information Model</i>
RIS	Sistema de Informação em Radiologia
RMN	Ressonância Magnética Nuclear
ROI	Regiões de Interesse
RQ	<i>Range Query</i>
RSNA	Sociedade Norte Americana de Radiologia
SAM	Serviço de Arquivo Médico
SBIS	Sociedade Brasileira de Informática em Saúde
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SGLD	<i>Space Gray Level Dependence</i>
SPECT	<i>Single Photon Emission Computed Tomography</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SSL	<i>Secure Socket Layer</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
TB	<i>Terabyte</i>
TC	Tomografia Computadorizada
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
TIFF	<i>Tag(ged) Image File Format</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
US	Ultra-som
VistA	<i>Veterans Health Information System and Technology Architecture</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

1 INTRODUÇÃO

O expressivo progresso da radiologia nas últimas décadas, associado ao aparecimento e aperfeiçoamento de novas metodologias como o ultra-som e a ressonância magnética, por exemplo, fizeram do diagnóstico por imagem uma das mais promissoras áreas da medicina. Seu impacto é tão grande, que a abordagem diagnóstica médica vem sofrendo sua influência e sendo bastante modificada. Dentre as várias modificações, a implantação de sistemas para gerenciamento de imagens digitais (PACS - *Picture Archiving and Communication System*) é, provavelmente, a de maior impacto. O PACS, em conjunto com os Sistemas de Informação em Radiologia (RIS) e de Informação Hospitalar (HIS), formam a base para um serviço de Radiologia *Filmless*.

A Radiologia *Filmless* refere-se a um hospital, com um ambiente de rede amplo e integrado, no qual o filme foi completamente ou em grande parte substituído por sistemas eletrônicos que adquirem, arquivam, disponibilizam e exibem imagens. A implantação de um serviço de Radiologia *Filmless* deverá trazer melhorias com relação à acessibilidade na aquisição, exibição e processamento de imagens (SIEGEL; KOLODNER, 1999).

O Centro de Ciências das Imagens e Física Médica (CCIFM) do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo vem trabalhando no processo de transição do Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP) para a radiologia *Filmless* (AZEVEDO-MARQUES et al., 2000). Como parte desse processo foi feita a implantação de um projeto piloto de um Mini-PACS baseado em soluções desenvolvidas localmente ou de domínio público, de forma a possibilitar a obtenção de conhecimentos visando a elaboração de um projeto completo no futuro (AZEVEDO-MARQUES et al., 2004).

Dentro do ambiente *Filmless* proposto para o HCFMRP está prevista a implantação de um servidor para aquisição, gerenciamento, armazenamento e disponibilização de imagens

que possibilite a recuperação de imagens baseada em conteúdo (CBIR – *Content-Based Image Retrieval*). CBIR é uma alternativa e um importante complemento ao processo de recuperação de informação a partir de palavras-chave. A recuperação de imagens a partir de conteúdo otimiza o gerenciamento e uso da informação clínica, especialmente por possibilitar não somente a recuperação de exames com laudos e imagens semelhantes, mas também de exames com imagens semelhantes e laudos diferentes, podendo resultar em um importante auxílio ao ensino, treinamento e pesquisa, bem como no suporte à interpretação das imagens.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de uma arquitetura que contemple a implantação de um servidor que possibilite a aquisição e o gerenciamento de imagens dentro do ambiente hospitalar e que integre a função CBIR. As imagens são obtidas de modalidades de imagens médicas digitais, como Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e Tomografia Computadorizada (TC), em formato DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*) 3.0, indexadas, armazenadas e vinculadas ao Sistema de Informação em Radiologia (RIS) do Hospital para posterior visualização. As consultas às imagens e laudos podem ser realizadas através de palavras-chave (busca textual) ou utilizando-se de uma interface para recuperação de imagens a partir da similaridade do conteúdo pictórico.

1.2 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

Esta tese está dividida em 08 (oito) capítulos. O primeiro capítulo constitui-se da introdução, dos objetivos e da estruturação deste trabalho.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica sobre Sistemas de Informação em Saúde (HIS e RIS).

No terceiro capítulo é apresentada a revisão bibliográfica de trabalhos e implementações de sistemas PACS.

No quarto capítulo é apresentada a revisão bibliográfica e as considerações sobre a Radiologia sem filme.

No quinto capítulo é apresentada a revisão bibliográfica sobre o conceito de Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo.

No sexto capítulo são descritos os Materiais e Métodos utilizados na implementação deste trabalho.

No sétimo capítulo são reportados os resultados e discussão deste trabalho.

No oitavo capítulo encontram-se as conclusões e contribuições dessa pesquisa, bem como sugestões para futuras pesquisas.

Na seqüência são listadas as referências bibliográficas utilizadas.

2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO EM SAÚDE

Sistemas de informação em saúde constituem-se em componentes essenciais do sistema de saúde e têm como propósito geral facilitar a formulação e avaliação das políticas, planos e programas de saúde subsidiando o processo de tomada de decisões, com vistas a contribuir para a melhoria da situação de saúde da população.

Os sistemas de informação em saúde visam armazenar dados relativos ao histórico de saúde de um indivíduo com o propósito de permitir a continuidade da assistência à saúde, além de fornecer dados para a educação e pesquisa, garantindo a confidencialidade e disponibilidade dessas informações a qualquer tempo.

Atualmente, a integração dos sistemas de informação em saúde é um desafio e interesse constante dentro de hospitais e clínicas, pois permitirá a criação do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP), que pode ser definido como o conjunto de documentos gerados a partir do ato assistencial realizado pelos profissionais de saúde em nível ambulatorial e/ou de internação. Também pode ser interpretado como uma ferramenta que deve sedimentar os conceitos básicos sobre informações médicas. Para tanto, foram criados alguns conceitos e modelos adotados mundialmente, como o Sistema de Informação Hospitalar (*Hospital Information System – HIS*) e o Sistema de Informação em Radiologia (*Radiology Information System – RIS*).

2.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO HOSPITALAR

O hospital é uma das organizações mais complexas que existem e o número de informações a serem gerenciadas é de grande volume e diferenciação envolvendo desde aspectos administrativos até informações clínicas relativas aos pacientes. Não seria exagero

afirmar que atualmente é praticamente impossível imaginar um hospital ou mesmo uma clínica de médio porte sem o uso da informática.

A utilização da informática na gestão hospitalar evoluiu rapidamente nos últimos 25 anos. De uma situação em que o computador era utilizado para a realização de tarefas relativamente simples e isoladas entre si até o nível atual de integração, quando procura-se unir, através de um sistema único, os diversos pontos de geração e utilização da informação dentro da instituição.

Neste contexto, o HIS pode ser identificado como “um sistema de informação computadorizado, instalado em um ambiente hospitalar, com o objetivo de registrar informações sobre os pacientes de tal forma que possam ser compartilhadas por todos os setores do hospital que delas necessitem” (JOHANSTON, 1993).

Conseqüentemente, deverá suportar a elaboração de relatórios, resumo dos diagnósticos, das terapias realizadas e das informações cirúrgicas, para dar suporte ao processo de tratamento do paciente. Assim, é importante que todas as solicitações feitas por médicos, ou por qualquer outro profissional da área de saúde envolvido no processo de assistência, diagnóstico e tratamento do paciente, estejam disponíveis imediatamente nos diversos setores e serviços do hospital. Ressalta-se também que diante desta situação, o compartilhamento das informações e a automação da comunicação dentro do hospital, constituem a chave do sucesso para qualquer HIS.

Honeyman (1999), descreve o HIS como um sistema de informação usado para acessar informações de pacientes, relatórios de vários serviços e informação de faturamento. Em alguns casos, esse registro eletrônico concede ao médico especialista uma visão geral do estado do paciente.

Para Shortliffe et al. (2000), um HIS suporta várias funcionalidades, incluindo o gerenciamento dos cuidados ao paciente e a administração do hospital, abrangendo seis

propósitos distintos: gerenciamento de pacientes, gerenciamento de departamentos, documentação clínica, suporte às decisões clínicas, gerenciamento de recursos financeiros e suporte ao gerente de saúde.

O Sistema de Informação Hospitalar, por ser um sistema amplo, pode ser dividido em projetos a fim de se poder classificá-los e priorizá-los de acordo com seu grau de importância e de interesse para a instituição.

Segundo Zirbes e Caye (2002), é possível dividi-los em três níveis de projetos básicos:

- Projetos que não agregam valor diretamente à missão da instituição como, por exemplo, os sistemas administrativos que englobam sistemas de administração de pessoal, compras, estoque, faturamento, contas a pagar/receber, patrimônio, ordens de manutenção, entre outros;
- Projetos diretamente associados à missão da instituição e que aumentam a qualidade dos serviços por ela prestados como, por exemplo, o registro de informações do paciente, prontuário eletrônico, controle de internações/consultas, controle de infecções, cirurgias, banco de sangue, sistema de lembrança de horários de medicações, entre outros;
- Projetos que proporcionam o suporte à tomada de decisões como o sistema financeiro e sistema de indicadores assistenciais.

Para Johanston (1993), um Sistema de Informação Hospitalar típico deve possuir uma ou mais das seguintes funções básicas:

- Controle de reserva de leitos, pré-admissões e altas de pacientes do hospital;
- Armazenamento de informações e registro das diversas clínicas, que estão sob o controle administrativo do hospital;
- Manutenção do índice de registros médicos;

- Elaboração de estatísticas dos registros médicos, que utilizam uma estrutura de códigos para recuperar diagnósticos primários e secundários, pequenas e grandes cirurgias, complicações e infecções ocorridas durante o processo de tratamento do paciente;
- Sistema de contas dos pacientes, se o hospital necessita controlar esse aspecto.

É também freqüente a presença de três outros subsistemas nos HISs:

- Gerenciamento financeiro, tal como a contabilidade integrada do hospital;
- A folha de pagamento dos funcionários e outras funções de controle de recursos humanos;
- Controle dos recursos materiais (patrimônio, farmácia, almoxarifado), entre outros.

O desenvolvimento de Sistemas de Informação Hospitalar começou nos anos 60, nos grandes hospitais escolas dos Estados Unidos e Europa. Devido aos custos de *hardware* e *software* então disponíveis, somente grandes instituições podiam arcar com o investimento requerido para um computador suficientemente potente para execução das funções de um HIS. Devido a esse fato, adotou-se uma solução na época que ainda continua sendo utilizada em vários países, que é ter um sistema totalmente centralizado (Figura 2.1).

Com o aumento da performance de processamento dos computadores e a diminuição na relação custo/benefício, um número cada vez maior de hospitais tem implantado sistemas descentralizados ou distribuídos de informação hospitalar.

No entanto, apesar da queda de preços e das vantagens oferecidas, essa ainda é uma solução onerosa para a maioria dos hospitais, levando em conta o número de terminais que deverá ser instalado para uma informatização eficiente e completa.

O HIS permite uma agilidade em paralelo nas atividades de registro e transmissão de informação entre os diversos subsistemas de controle clínico e administrativo do hospital. Com a implementação de um HIS é possível resolver problemas complexos no processo de

atendimento ao paciente. Um problema desse tipo pode ser exemplificado pela situação comum em que um paciente foi agendado para tratamento em dois locais diferentes ao mesmo tempo, ou quando se pediu para esse paciente dois procedimentos de natureza tal que, se forem efetuados numa seqüência incorreta, levarão a resultados indevidos.

Figura 2.1 – Computador centralizado com rede em arquitetura estrela para um hospital.

Fonte: JOHANSTON, H. (1993)

No Brasil, desenvolvimento e implantação de Sistemas de Informação Hospitalar teve início em 1970, visando controlar o pagamento dos serviços prestados pelos hospitais contratados pelo Governo Federal. Em 1991, tendo em vista a implantação do Sistema Único de Saúde (SUS), esse sistema passou a ser o atual Sistema de Informação Hospitalar compondo a base do SIH/SUS, sendo que este possui uma grande base de dados abrangendo todas as atividades do setor, seja da rede hospitalar pública, privada ou filantrópica conveniada com o SUS (LESSA, 2000).

Conforme Moura-Junior (2003), a história dos Sistemas de Informação Hospitalar no Brasil não é muito diferente daquela vivenciada pelo resto do mundo. A partir de programas voltados para o faturamento, estes sistemas foram se expandindo para as atividades de fluxo de pacientes, de controle de materiais e medicamentos e de automação de atividades específicas, como as de laboratório.

O Sistema de Informação Hospitalar coloca o paciente no centro de todo o sistema resultando em melhor documentação, o que por sua vez, melhora a qualidade da assistência ao assegurar que a informação correta será coletada e disseminada.

Para Sinclair e Gardener (1990), o suporte de comunicação provido pelos computadores em rede e sistemas informatizados pode alterar os padrões sociais dentro dos hospitais. A tecnologia, como meio de compartilhamento da informação enriquece as relações interpessoais e estimula a colaboração entre os vários departamentos. O intercâmbio por meio de computadores conectados em rede, além de incrementar a comunicação, encoraja as pessoas a participarem nos debates e assuntos pertinentes ao trabalho numa base de maior igualdade ao remover certos fatores que possam inibir a participação.

Ainda segundo os autores supracitados, o uso do computador no processamento de informações afeta o ambiente informacional de quatro modos diferentes:

- A velocidade com a qual a informação é obtida;
- A facilidade de acesso à informação;
- A disponibilidade de informações atualizadas;
- A oportunidade de acesso às informações.

Entende-se assim, que o melhor acesso à informação pode, teoricamente, aumentar o desempenho organizacional ou facilitar o controle e o fluxo de informações.

Um dos Sistemas de Informação Hospitalar mais citado e reconhecido mundialmente é o *HELP*. Ele foi o primeiro Sistema de Informação Hospitalar a juntar dados necessários do

paciente para auxiliar a decisão clínica e, ao mesmo tempo, incorporar um conhecimento médico básico para que o programa possa fazer a suposição para assistir o médico em suas decisões. O sistema original foi desenvolvido em 1967, no *LDS Hospital em Salt Lake City, Utah*, Estados Unidos, por um grupo de três autores que foram auxiliados por colaboradores que eram docentes da faculdade e estudantes do Departamento de Biofísica e Bioengenharia, atualmente conhecido como *Medical Informatics*, da Universidade de *Utah*, Estados Unidos (GARDNER; PRYOR; WARNER, 1999).

A primeira versão do *HELP* foi escrita em linguagem *Assembly*, da *Control Data Corporation (CDC)*. Em 1982, o sistema foi convertido de computadores dual *CDC* com *backup* manual para computadores *TANDEM*, visando maximizar a disponibilidade do sistema. Atualmente, os hospitais que possuem o sistema *HELP* instalado usam terminais de microcomputadores e protocolo ATM¹ (Modo de Transferência Assíncrono, protocolo usado na transferência de dados em alta velocidade) e *ethernet* para comunicação em rede local.

Um exemplo da funcionalidade do sistema desenvolvido é a implementação realizada no posto da cirurgia do coração (ICU), onde foi desenvolvida uma sofisticada estação de trabalho para o monitoramento de 10 leitos. A estação é utilizada pelas enfermeiras para o monitoramento da pressão sangüínea dos pacientes através de um *display* no computador, que mostra um conjunto de luzes: uma vermelha, uma amarela e uma verde para cada leito. A luz verde pisca a cada amostragem do sinal elétrico da medida da pressão do paciente. A luz amarela indica uma situação anormal dentro de determinadas variações dos cálculos realizados, e a luz vermelha indica uma situação de emergência. A enfermeira pode obter um gráfico da variação da pressão no tempo para um determinado paciente. Além disso, o sistema tem várias aplicações clínicas cujos dados devem ser fornecidos pelas enfermeiras, terapeutas,

¹ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) plataforma de comunicação de voz, dados e imagens comutadas em células de 53 bytes que trafegam em alta velocidade em meio digital (fibras ópticas, rádios digitais ou satélites, por exemplo). O ATM propicia maior velocidade de transmissão, interconexão de redes heterogêneas e qualidade de serviço nas aplicações de informática que utilizam o conceito de processamento distribuído cliente-servidor e a multimídia.

farmacêuticos e médicos. Na prática, em todo o hospital existe sempre um terminal de computador ao lado da cama do paciente.

Outro exemplo de sucesso a ser citado é o HIS do Departamento de Veteranos de Guerra (VA) dos Estados Unidos. Este departamento proporciona benefícios aos veteranos militares e seus familiares desde 1866. O HIS deste departamento, atualmente, é chamado de VistA (*Veterans Health Information System and Technology Architecture*) e foi lançado em 1970. Esse sistema foi desenvolvido inicialmente com funcionalidades apenas para a farmácia, porém começou a ser expandido em 1983, adotando-se uma implementação com linguagem visual (*Delphi*), utilizando a metodologia de três camadas (BROWN et al., 2003).

Segundo Brown et al. (2003), as funcionalidades do VistA expandiram-se significativamente, sendo que no início de 2002, já contemplava 99 aplicações; sendo 16 aplicações para infra-estrutura, 28 aplicações administrativas e financeiras e, 55 aplicações clínicas. O núcleo proporciona compartilhar serviços para aplicações VistA, destacando-se ferramentas para gerenciamento do sistema e uma camada de portabilidade entre o sistema operacional e o código da aplicação. O compartilhamento de serviços inclui entrada no sistema e gerenciamento seguro, menu de gerenciamento, processamento de erro, dispositivos de *driver*, gerenciamento de serviços de segundo plano, instalação do programa e bibliotecas de funções. As ferramentas de gerenciamento do sistema permitem otimização dos parâmetros do *site*, relatórios do estado do sistema, análise de performance e alertas.

Um outro destaque do VistA é o controle da administração de medicamentos através de código de barras, sendo que ao lado da cama do paciente fica a aplicação BCMA (*Bar Code Medication Administration*) que é responsável por validar a administração de medicamentos e foi acoplado ao sistema em 1999-2000. Antes de administrar a medicação, a enfermeira identifica o paciente através de um cartão com código de barras que contém um identificador único localizado no punho da camisa. Do mesmo modo, os medicamentos são

acondicionados em recipientes plásticos com código de barras contendo identificações e seu local no serviço de farmácia. A identificação da autenticidade é feita através da leitura do cartão do paciente e do recipiente da medicação, validando assim as informações e, enviando os dados para o registro eletrônico através de rede *wireless*².

O Centro Médico da Universidade de *Georgetown* tem um Sistema de Informação Hospitalar integrado com as equipes do hospital. Os departamentos do hospital que estão incorporados ao HIS são: Laboratórios Clínicos, Educação Médica Continuada, Sala de Admissão de Emergência, Internações, Registros Médicos, Enfermagem, Farmácia, Patologia, Central de Controle de Radiação, Saída do Paciente, Faturamento e Contas a Pagar e a Receber. O programa do HIS está escrito em MIIS, um dialeto de MUMPS, e opera em cinco microcomputadores com oito discos de 256 *Mbytes* onde são guardados os arquivos e, doze discos magnéticos de 256 *Mbytes* (3.072 *gigabytes*) para armazenamento das informações que estão *on-line* (LEVINE et al., 2003).

No Brasil, o Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo também vem integrando novas funcionalidades ao Sistema de Informação Hospitalar existente na instituição, destacando-se o módulo da Prescrição Médica e Dispensação de Medicamentos (Prescrição Eletrônica) versões 1 e 2.

A primeira versão do sistema foi implantada em 1998, inicialmente na enfermaria de pediatria, alcançando a totalidade das enfermarias em dezembro do mesmo ano. O funcionamento do sistema ocorre da seguinte forma: o médico informa seu nome de usuário e sua senha que são validados na base de dados. Em seguida é acionado o segundo mecanismo de segurança que checa os privilégios do usuário, ou seja, o que ele pode acessar. Para iniciar a prescrição, o médico deverá informar o registro do paciente ou consultar por

²*Wireless* - Expressão genérica que designa sistemas de telecomunicações nos quais as ondas eletromagnéticas, e não fios, se encarregam do transporte dos sinais.

nome/sobrenome e depois recuperar os dados da internação (quarto, leito e enfermaria) (FÁVERO et al., 2002).

Para prosseguir com seu trabalho, o médico é obrigado a informar alguns dados do paciente: peso, altura, pressão arterial e pulso para prescrição de hemoderivados; peso para prescrição de nutrições parenterais pediátricas e peso e altura para prescrição de quimioterápicos; informações que possibilitam habilitar as opções de Dietas, Medicamentos, Nutrições Parenterais, Cuidados Médicos e Hemoderivados.

Na primeira versão, a equipe médica fazia a prescrição de Terapia Nutricional utilizando um campo aberto descritivo. Desta forma, não havia qualquer tipo de consistência ou padronização dificultando o trabalho da Divisão de Nutrição e Dietética (DND), tanto no nível operacional quanto gerencial, pois todas as atividades eram efetuadas manualmente, desde a coleta da prescrição até os controles estatísticos. Na segunda versão, lançada em 2003, que é responsável pela integração da área Médica com a Divisão de Assistência Farmacêutica, Centro Regional de Hemoterapia, Divisão de Nutrição e Dietética, Banco de Leite, Unidade de Nutrição Parenteral, Central de Quimioterapia e Comissão de Controle de Infecção Hospitalar foi utilizada a padronização das dietas de rotina e especializadas, fórmulas pediátricas lácteas e não lácteas e nutrição enteral existentes na Divisão de Nutrição e Dietética. Essa integração permitiu a utilização de uma linguagem unificada entre a DND e todas as equipes envolvidas na assistência ao paciente (REIS et al., 2004).

Para se implantar esta padronização, e ainda permitir uma fácil utilização pela área médica operando o sistema através de menus de escolha utilizou-se um mecanismo similar a uma árvore hierárquica. Este sistema é flexível quanto à expansão das dietas padronizadas e ainda permite a multiplicidade de tipos de terapia nutricional para um mesmo paciente, pois sua estrutura possibilita os seguintes níveis de escolha: Via de Administração, Forma de Apresentação da Dieta, Composição da Dieta, Quantificação de Nutrientes e Fracionamento.

Há várias discussões sobre o impacto da implantação de um Sistema de Informação Hospitalar em um departamento de emergência. Considerando essa situação Tsai et al. (2004) descreve a avaliação da implantação de um sistema de informação no Departamento de Emergência do *Stroger Hospital of Cook Country*, Chicago. A avaliação realizada teve como objetivo determinar o efeito ao se mudar o sistema de registro em papel para um sistema eletrônico por um determinado período, considerando-se o registro rápido e a triagem do paciente. O estudo foi projetado com a perspectiva de observar e analisar o trabalho usando tempo e movimento técnico. Observou-se um grupo de enfermeiros que são dedicados à área de triagem do departamento de emergência do hospital. O tempo para completar um registro rápido do paciente ou triagem foi registrado por dois observadores durante um período de quinze semanas, antes e depois da implementação do sistema eletrônico.

Conforme Tsai et al. (2004), vários enfermeiros foram observados, mas nenhum foi observado mais do que cinco registros rápidos ou triagens consecutivas. Os resultados apresentaram um total de 57 registros rápidos em papel e 56 papéis de triagem e um total de 45 registros rápidos eletrônicos e 70 triagens observadas. O tempo médio necessário para o preenchimento foi o seguinte: registro rápido em papel, 125 segundos e registro rápido eletrônico, 165 segundos; triagem em papel, 267 segundos e triagem eletrônica 364 segundos. Com o resultado apresentado foi possível verificar que o tempo para realizar o registro rápido não foi muito significativo, porém para a triagem há um acréscimo de 97 segundos por paciente, o que determina que o treinamento é um fator importante para o impacto dos sistemas de informação hospitalar.

Esse resultado é consistente com o apresentado por Johanston (1993), pois para esse autor, um dos maiores problemas enfrentados na implementação de um HIS é o treinamento dos profissionais de saúde para operar o computador. Isto exige um tempo de adaptação, pois eles não estão efetivamente acostumados à utilização do teclado do computador. Uma solução

para minimizar o problema é utilizar dispositivos de entrada alternativos, tais como, telas sensíveis ao toque ou canetas ópticas, entre outros existentes no mercado.

Outros aspectos importantes e que devem ser considerados na escolha e implementação de um Sistema de Informação Hospitalar dizem respeito à segurança, confidencialidade e privacidade dos dados. Estas questões levaram o Conselho Federal de Medicina (CFM) a propor a Resolução 1639/2002, que regula o uso de Sistemas de Informação Clínica (MOURA-JUNIOR, 2003). Seguindo essa resolução, a Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) está desenvolvendo os modelos para certificação de *software* para a Saúde.

2.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO EM RADIOLOGIA

O Sistema de Informação em Radiologia (RIS), surgiu com a implantação dos computadores nos hospitais quando foi reconhecido que eles poderiam ser utilizados como auxílio na área da radiologia (BAKKER, 1991). Em princípio, não há diferença para o conceito do HIS, apenas ressalta que o âmbito é limitado a um departamento específico, o Departamento de Radiologia.

Segundo Honeyman (1999), um Sistema de Informação em Radiologia é tipicamente um sistema especificamente desenvolvido para departamentos de radiologia, para receber interpretações e preparar listas de pacientes. Este sistema pode prover relatórios históricos dos radiologistas e freqüentemente transmite o relatório final para o HIS.

No trabalho de Garland et al. (1999), eles indicam que os Sistemas de Informação em Radiologia permitem um rápido acesso às informações dos pacientes e dos exames realizados, podendo minimizar a carga de trabalho dos técnicos. Eles desenvolveram um RIS onde o acesso é feito através de um padrão *web-browser*. Com isto, se elimina a necessidade da utilização de programas específicos e consegue-se acesso direto a todo o RIS. Uma vez

selecionado um paciente da *worklist* do RIS, suas informações e de seus exames são transferidas para a estação de trabalho através de *download*. A modalidade utilizada no trabalho foi um sistema de Radiologia Digital *Cannon CXDI-II DR System* (*Cannon Medical System, Irvine, CA*), o qual utiliza um detector *silicon* amorfo interligado com um computador executando o sistema operacional *Windows NT*, tendo como *browser* o *Internet Explorer*. O sistema foi instalado na rede *ethernet* do Departamento de Radiologia da *Cleveland Clinic Foundation*.

Foram identificados nove itens de informações considerados como os principais para serem mostrados para os técnicos, a saber: nome do paciente, data de nascimento do paciente, idade do paciente, sexo do paciente, número do registro médico, descrição dos exames, número de acessos, nome e número do telefone do médico que realizou a consulta. Tais informações foram disponibilizadas no RIS através da interface *browser*.

Uma vantagem apresentada por Garland et al. (1999), para o acesso através da interface *browser* é que praticamente todo usuário já utilizou um *browser* reduzindo, dessa forma, o tempo de treinamento operacional. O RIS é o controlador de atividade devendo direcionar as imagens para as estações de trabalho dos médicos. Estes autores ainda citam que no contexto do trabalho há dois padrões, os quais podem ser empregados para implementar as interfaces desenvolvidas, o HL7 (*Health Level 7*) e o DICOM 3.0. Ambos contêm informações de objetos definidos, elementos de dados e classes de serviço.

Considerando que a informática está em constante evolução, pesquisadores como Tamm, Zelitt e Dinwiddie (2000), realizaram uma atualização no RIS do Departamento de Radiologia do *Memorial-Hermann Hospital, Houston, TX*, que possui uma demanda de 200.000 exames por ano, incluindo os serviços de Nível I, centro traumático, um hospital pediátrico e um ambulatório central. O novo *software* desenvolvido para o RIS é baseado em um banco de dados relacional, com uma estrutura cliente-servidor e uma interface gráfica ao

usuário. Os servidores e as estações de trabalho também foram atualizados. Foram utilizados 03 *Compaq Alpha 8400*, 23 servidores rodando *Windows NT* e 02 *IBM RISC 6000*.

Azevedo-Marques et al. (2000) descrevem um Sistema de Informação em Radiologia existente no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP. Este sistema foi desenvolvido em parceria com o Centro de Ciências das Imagens e Física Médica (CCIFM) da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP/USP) e o Centro de Informações e Análises (CIA) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP). O RIS foi desenvolvido com o objetivo de minimizar o tempo no processo de disponibilização e consulta de laudos através da rede *ethernet* do hospital, uma vez que existia um tempo de espera de até três ou quatro dias para a disponibilização dos laudos no Serviço de Arquivo Médico (SAM). Esse tempo era necessário, pois os laudos eram emitidos de forma manual em um formulário que acompanhava o pedido de exame, sendo posteriormente conferidos pelo especialista, encaminhados para digitação, impressos, corrigidos, re-impressos, assinados e finalmente encaminhados ao SAM. Com isso, existia uma procura elevada junto ao serviço de Radiodiagnóstico de laudos ainda não disponíveis no SAM, o que causava muitos inconvenientes ao desenvolvimento das atividades do serviço.

O RIS-HCRP (Sistema de Informação de Radiologia do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto) foi desenvolvido para funcionar sob uma arquitetura cliente/servidor, com modelo de dados relacional e interface gráfica amigável, proporcionando uma fácil operabilidade para o usuário final, com toda a base de informações RIS e HIS está armazenada em um banco de dados *Oracle*, versão 8.1.7.0.0, e suas interfaces *front-end* implementadas em *Delphi 5* (linguagem de programação visual).

Os módulos principais do RIS compreendem o módulo de geração de exames, módulo de geração de laudos, módulo de consulta de laudos e módulo de gerenciamento. O acesso a esses módulos é definido pelos direitos concedidos a cada um dos profissionais que devem ser

cadastrados no sistema com um nome de usuário e senha. No momento em que o sistema é iniciado são solicitados o nome de usuário e a senha do profissional. Dessa forma, o sistema permite que sejam acessados somente os módulos que foram previamente concedidos conforme a sua função no fluxo de atividades no serviço.

Quando é solicitado um exame para um paciente, é gerada pelo HIS uma etiqueta com código de barras contendo o número de registro do paciente e a clínica solicitante. No momento da realização do exame, o técnico gera o registro eletrônico no módulo de geração de exames através da leitura deste código de barras e, em seguida, faz a inserção das informações referentes ao tipo de exame, região anatômica e técnica empregada. Ao finalizar a realização do exame, os filmes são encaminhados para a sala de leitura para serem avaliados e laudados. Os laudos são feitos inicialmente pelos médicos residentes e posteriormente conferidos pelos docentes e médicos contratados. Assim, esses laudos recebem inicialmente, no sistema, o *status* de laudo provisório não sendo visíveis na rede do HCRP até que o médico revisor faça a revisão desses laudos e os libere como definitivos. Após a revisão, os laudos definitivos já podem ser acessados por qualquer estação do HCRP através de sua *intranet* pelo módulo de consulta, sendo também impressos diretamente no Serviço de Arquivo Médico (SAM), onde são anexados ao prontuário do paciente.

Para Huang (2004), o RIS é desenvolvido para suportar as operações clínicas e administrativas de um departamento de radiologia, visando reduzir as despesas administrativas e aumentar a qualidade dos exames radiológicos. O RIS gerencia os dados demográficos gerais e as despesas do paciente na radiologia, os procedimentos de agendamento, relatórios diagnósticos, admissão do paciente, localização dos exames, movimentação/*status* dos exames e o agendamento da sala de exames. Um RIS geralmente é constituído de um sistema computacional com diversos dispositivos e periféricos, tais como estações de trabalho, impressoras e leitores de códigos de barra. A maioria dos sistemas inclui

o monitoramento do *status* do paciente e do exame, agendamento de exames, criação, formatação e armazenamento dos laudos com assinaturas digitais, além da performance de perfil do radiologista e análise estatística.

2.2.1 INTEGRAÇÃO HIS/RIS/PACS

Atualmente para facilitar a integração do RIS com o PACS é possível implementar a função *Worklist* que permite gerenciar os dados dos pacientes relacionados na agenda de exames, sendo que após o exame esses dados e as imagens coletadas durante sua realização podem ser transmitidos ao servidor do PACS.

Em sua investigação Adelhard et al. (1999), descrevem algumas funções desempenhadas pelo RIS na implantação de um sistema integrado HIS-RIS-PACS desenvolvido por eles no *Institute for Diagnostic Radiology*, no hospital universitário *Klinikum Grosshadern* em *Munich*, Alemanha. Foi estabelecido que o RIS é responsável pelo fluxo das imagens e relatórios, pela troca de informações com o HIS sobre admissão e liberação dos pacientes e pelo controle de uma identificação única do paciente usada por todo o hospital.

A troca de informações entre um Sistema de Informação em Radiologia e um PACS é essencial para otimizar a utilização do PACS. Alguns desses benefícios recompensam por implementar uma interface incluindo redução ou eliminação de entradas de dados repetidas, a disponibilidade de informações exatas no PACS, a redução na carga de trabalho dos tecnólogos, escriturários, digitadores, entre outros (LEVINE et al., 2003).

O Centro Médico da Universidade de *Georgetown* possui um RIS integrado ao HIS, que tem em comum o registro do paciente e alguns módulos de anotação conectados a outros sistemas do HIS. Além disso, no RIS está incluso um índice cronológico das atividades do paciente e um sistema de rastreamento dos exames. A incidência do HIS/RIS resulta nas informações requeridas pelo PACS, incluindo o registro de novos pacientes no departamento

de radiologia (incluindo as modificações dos dados demográficos), a criação de novas seqüências radiológicas, modificações e cancelamento das seqüências, além da geração de relatórios radiológicos (LEVINE et al., 2003).

Para Chang et al. (2003) a integração entre os sistemas HIS, RIS e PACS forma a base para um sistema de radiologia *filmless*, pois o propósito desta integração é otimizar o processo de trabalho; aumentar a eficiência; economizar recursos e diminuir os custos; permitir a realização de telemedicina, possibilitando que radiologistas e médicos possam discutir a imagem clínica e as informações do laudo podendo visualizar a imagem em diferentes planos, bem como trabalhar com informações multimídias e imagens de vídeo em tempo real; criar serviços individualizados para os pacientes construindo, assim, imensas bases de dados que podem satisfazer funções estendidas como serviços médicos, pesquisa, educação e serviços de telemedicina ou teleradiologia.

Münch et al. (2004) apresentam o *CHILI/Web* que é um componente de visualização de imagens médicas com um amplo conjunto de funções para processamento de imagens. Estas ferramentas são importantes para que os médicos analisem as imagens em alto nível. Como a interface é aberta, o sistema é integrado e configurado com outros sistemas HIS/RIS conectados ao PACS, e podem ser sincronizados com teleconferência como uma opção adicional. O programa é baseado em tecnologias *Web* e pode ser executado em qualquer *browser*; a aplicação realiza a leitura de diferentes formatos de imagem e está configurado para ler primeiramente o formato DICOM, mas também suporta JPEG e TIFF podendo visualizar imagem em escala de cinza e/ou coloridas, especialmente seqüências *multiframe*, como seqüências de ultra-som *Doppler*. Uma aplicação baseada na *Web* para visualizar e processar imagens médicas produz uma interface simples, mas poderosa, sendo flexível e permitindo fácil integração entre o HIS, o RIS e o PACS.

A primeira versão do Mini-PACS do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto foi composta por um conjunto de *hardware* e *software* formando uma estrutura com vários serviços como servidor DICOM, servidor para o armazenamento de imagens DICOM (*storage*), interface de integração com o servidor RIS/HIS e servidor *Web*.

A estrutura é apresentada na Figura 2.2, onde o fluxo A define a aquisição e o armazenamento das imagens, e o fluxo B define a recuperação e exibição do laudo vinculado à imagem. O servidor DICOM utilizado no trabalho é o CTN (*Central Test Node*), constituído de vários programas *open-source* desenvolvidos pelo *Mallinckrodt Institute of Radiology - Electronic Radiology Laboratory*, Estados Unidos; com o objetivo de demonstrar a conectividade do padrão DICOM. O CTN usa um banco de dados relacional para armazenar suas configurações e os dados referentes às imagens recebidas por ele.

Segundo Azevedo-Maques et al. (2004), o sistema PACS-HCRP é uma continuação do processo de atendimento dos pacientes para a realização de exames para diagnóstico por imagem. Depois do exame devidamente gerado no RIS, o técnico digita as informações de identificação do paciente e do exame na interface do equipamento onde serão geradas as imagens (por exemplo: ressonância magnética, ultra-sonografia, tomografia computadorizada). Neste momento é inserido o número de identificação do exame na *tag - accession number*. Assim, as imagens do paciente são geradas com todas as suas informações encapsuladas em um único arquivo (arquivo DICOM), que será enviado para o servidor DICOM através da rede *ethernet* do HCRP.

A propriedade de comunicação é dada pelo próprio padrão DICOM, que no trabalho é desempenhado pelo CTN. Ele estabelece a comunicação com seus clientes por intermédio de uma determinada porta de comunicação e aguarda pelo envio de novos arquivos (exames). Esse envio é feito diretamente pela interface do equipamento que gera o exame, através da seleção do *Aetitle* (*string* de identificação das entidades-equipamentos que fazem parte da

rede PACS) do servidor que receberá e armazenará estes arquivos, neste caso o CTN, que foi devidamente configurado e cadastrado no equipamento que está gerando as imagens. Quando o CTN recebe os arquivos DICOM, as informações contidas nas *tags* dos arquivos, como a identificação do paciente e a identificação do exame, são armazenadas nas tabelas de seu banco de dados e o arquivo original é gravado em uma determinada pasta que é criada no servidor de armazenamento (*storage*), sob o número de identificação do exame informado na *tag* - *accession number*.

Figura 2.2 – Estrutura do PACS (HCRP)
 Fonte: AZEVEDO-MARQUES, P. M. et al. (2004, p. 228)

Dessa forma, as informações dos pacientes e seus respectivos exames são compartilhados nas bases dos sistemas RIS/PACS, possibilitando fazer a paridade e consistência dos dados no momento da integração dos laudos com as imagens garantindo, assim, a confiabilidade da vinculação. A vinculação dos laudos e das imagens é feita em tempo de execução. Durante o processo de consulta de laudos via *Web*, uma janela com uma

interface amigável é aberta para o médico que deseja visualizar os exames de um determinado paciente, solicitando seu nome de usuário e senha para o acesso.

O sistema oferece ao usuário autorizado algumas opções, e dentre estas a consulta de laudo eletrônico. Selecionando esta opção, abre-se uma nova janela em que o usuário pode informar o número de registro de um paciente específico ou solicitar a recuperação de todos os exames de uma determinada modalidade, dentro de um determinado período de tempo. Uma vez selecionado o paciente e o exame que se deseja visualizar, abre-se uma nova janela com o laudo do exame e as informações sobre os profissionais que participaram da sua elaboração. Neste momento, o sistema faz a vinculação com o RIS/PACS e verifica na base de dados do CTN se há imagens *on-line* para esse exame. Caso a resposta seja positiva exibe-se um botão na parte inferior da janela do laudo indicando que há imagens que podem ser visualizadas. Quando o usuário "clica" neste botão, o sistema cria uma estrutura de *loop* para recuperar todas as imagens referentes ao exame selecionado e abre uma nova janela iniciando um *applet* Java para a visualização das imagens DICOM. Este *applet* Java, denominado *Dicom viewer*, é um *software open-source* desenvolvido e disponibilizado pelo Nagoya Institute of Technology, Iwata Laboratory, Japão; com o objetivo de fazer a visualização de imagens DICOM a partir de um navegador *Web*.

3 *PICTURE ARCHIVING AND COMMUNICATION SYSTEM (PACS)*

O Sistema de Comunicação e Armazenamento de Imagens (PACS) consiste de subsistemas integrados através de redes de computadores para aquisição, armazenamento e visualização de imagens e dados. Ele pode ser simples, ou seja, estar conectado a uma modalidade e uma estação de visualização com um pequeno banco de dados; ou complexo, sendo um sistema responsável pelo gerenciamento de todas as imagens médicas de um hospital de médio ou grande porte (ZHANG; SUN; STAHL, 2003).

O PACS surgiu aproximadamente em 1980, e possui a função de gerenciar o armazenamento das imagens digitais de diferentes modalidades em um banco de dados central. O banco de dados do PACS é o sistema de arquivos no computador que gerencia o armazenamento e responde as consultas às imagens e dados clínicos relacionados. As imagens são apresentadas ao usuário através das estações de trabalho conectadas à rede integrada do PACS. Assim, as imagens das diferentes modalidades ficam acessíveis para os usuários por meio de terminais, podendo ser visualizadas e processadas. Os dados são adquiridos e armazenados em mídias digitais como os discos ópticos ou fitas que podem ser automaticamente recuperados quando necessário (BAKKER, 1991; JOHNSON; GAROFOLO; GEERS, 2000; ARENSON et al., 2000).

Segundo Huang (2003), PACS é um sistema de visualização integrado à rotina de trabalho, desenvolvido para melhorar o fluxo de operações inteiramente integradas aos cuidados do paciente. Este autor também menciona que um dos principais componentes do PACS é a distribuição das imagens por ser um sistema dedicado que tem importância fundamental no gerenciamento das imagens médicas, que são extremamente úteis para o cuidado dos pacientes.

Um PACS não está limitado apenas aos serviços radiológicos, ele pode ser estendido para outros serviços clínicos que envolvem imagens no âmbito da cardiologia, patologia; entre outros.

De maneira simples e resumida Law e Zhou (2003) definem o PACS como um sistema de tecnologia de informação responsável pela transmissão e armazenamento das imagens médicas, afirmando que um PACS consiste basicamente dos componentes de interface para HIS/RIS, modalidades de imagens, *gateway*³ DICOM, controle de armazenamento e estações de visualização.

Segundo Allison et al. (2005), a implementação de um PACS é um processo complicado, que requisita um enorme e importante tempo, recursos e planejamento.

O PACS é a opção tecnológica preferida para as tarefas de transmissão, armazenamento, recuperação, visualização e interpretação de grandes volumes de dados e imagens. Porém, sua implementação implica em um trabalho de reengenharia do serviço de radiologia devido às modificações inseridas na sequência de eventos necessários, desde a aquisição da imagem até sua exibição e interpretação. Existem muitos desafios envolvidos na implementação de um PACS como os custos de compra, recebimento, instalação e manutenção dos equipamentos, reestruturação organizacional, testes de qualidade das imagens, adequação do funcionamento do sistema às necessidades do serviço e ajuste de estruturas de rede. Nesse contexto, a implantação de uma rede PACS completa é um projeto bastante oneroso e complexo, sendo necessário o desenvolvimento de um planejamento bem organizado e inteligente, para sua execução.

Um PACS é caracterizado por quatro subsistemas compreendendo aquisição, exibição, disponibilização e armazenamento de imagem e duas interfaces constituídas de Sistema de Informação em Radiologia (RIS) e Sistema de Informação Hospitalar (HIS). A estrutura genérica de um PACS é apresentada na Figura 3.1.

³Dispositivo de tradução de protocolo em *hardware* ou *software* que permite que os usuários que trabalham em uma rede possam acessar outra.

Figura 3.1 – Estrutura básica de um PACS

Segundo Johnson et al. (2000), o PACS requer a interface do Sistema de Informação Hospitalar (HIS) e do Sistema de Informação em Radiologia (RIS) para associar corretamente, informação e exame do paciente, com as suas respectivas imagens digitais.

Para Boehm et al. (2004) PACS é considerado, no campo da radiologia, um dos maiores avanços do novo milênio. Entretanto, a estratégia de oferecimento e implementação de um PACS é complexa e, neste momento, ainda não foi padronizada.

3.1 SUBSISTEMAS DE UM PACS

3.1.1 AQUISIÇÃO DE IMAGENS

No PACS as imagens digitais são oriundas de diversas modalidades, tais como: Tomografia Computadorizada (CT), Ressonância Magnética Nuclear (RMN), Ultra-som (US), Medicina Nuclear (MN) e até mesmo por equipamentos de Raios-X.

Segundo Junck et al. (1998), apesar do aumento no uso de modalidades de imagens que permitem a realização de cortes seccionais como CT, US e RMN (os quais fornecem imagens em formato digital), a radiologia geral realizada com filme continua representando 70% dos exames em um departamento de radiologia. Contudo, Redfern (2002), salienta que essa situação vem se modificando, pois aproximadamente 50% de todos os exames de diagnóstico por imagem de um departamento de radiologia investigado ainda eram realizados utilizando filme.

Para esse tipo de procedimento existem basicamente duas formas de se fazer a aquisição digital de imagens. Uma delas é a utilização de sistemas convencionais tela/filme e a posterior digitalização da imagem através de um digitalizador. Existem muitos tipos de digitalizadores de filmes, incluindo sistemas com CCD (*charge-coupled device*) e varredura por feixe de *laser*. Digitalizadores de filmes podem ser introduzidos sem grandes alterações na rotina do serviço, possibilitando uma transição suave para um sistema baseado em imagem digital.

Atualmente alguns digitalizadores possuem sistemas que permitem a inserção de informações referentes ao exame e ao paciente durante a digitalização, gerando assim um arquivo no formato DICOM. Porém, existem limitações importantes nessa solução uma vez que um novo elemento é introduzido na cadeia de manipulação do filme e os problemas associados à latitude limitada de muitos sistemas tela/filme não estão adequadamente resolvidos. Tempo, trabalho e risco de erro estão associados à necessidade de manipulação do filme, e a repetição de exames devido à sobre e subexposição do sistema tela/filme não serão significativamente reduzidos.

Uma outra solução, segundo Bennett et al. (1999), seria a utilização de sistemas de radiografia computadorizada (CR), introduzidos em 1983 pela Companhia Fuji (Kanagawa, Japão), que oferecem uma alternativa ao uso dos sistemas tela/filme e digitalizadores. Nesses

sistemas as imagens digitais são diretamente produzidas em uma placa de imagem à base de fósforo (*imaging plate*); podendo, na sequência, serem visualizadas em monitores ou convertidas para imagem analógica em filme através de uma processadora *laser*.

Os sistemas de radiografia computadorizada são compatíveis com a maioria dos sistemas de raios-X fixos e portáteis, possuindo latitude de exposição bastante ampla. Isso resulta em imagens com densidade adequada em uma faixa de níveis de exposição larga, eliminando os problemas de sobre e subexposição das imagens.

Segundo Zhang, Sun e Stahl (2003), o processo de aquisição de imagens pode ser definido de forma simplificada, conforme apresentado na Figura 3.2, onde as imagens são adquiridas através das modalidades e das estações de aquisição, enviadas para o servidor do PACS através de um *gateway* DICOM e armazenadas no servidor de imagens.

Figura 3.2 – Fluxo de dados para aquisição das imagens em um PACS
Fonte: ZHANG, J.; SUN, J.; STAHL, J. N. (2003, p. 198)

A aquisição da imagem é o primeiro ponto para entrada de dados em um PACS, e como tal, erros gerados neste momento podem propagar-se por todo o sistema. Geralmente

faz-se um prognóstico para que a incorporação de dispositivos de aquisição de imagens digitais seja bem sucedida. Um departamento de imagem digital deve compreender os seguintes aspectos: dispositivo de fácil integração à rotina diária do ambiente clínico, alta segurança e tolerância à falha de dispositivos, interface com o usuário simples e intuitiva e dispositivos rápidos (ANDRIOLE, 1999).

3.1.2 DISPONIBILIZAÇÃO DE IMAGENS

A disponibilização de imagens refere-se ao problema de mover uma imagem e seus dados associados de uma localização para outra. Em um PACS é necessário um sistema de disponibilização de imagens para transferi-las do local de aquisição, ou do sistema de armazenamento, para a estação de visualização. Em muitos dos primeiros sistemas de imagem baseados em computador (CT e RMN, por exemplo), o problema da distribuição de imagens não era abordado ou estava atrelado a soluções proprietárias dos fabricantes. Alternativas incluíam a transferência física de gravações ou a conexão dos sistemas de exibição ao computador central do sistema.

Com a implantação generalizada de rede de computadores ficou aparente a necessidade de uma metodologia uniforme para transferência de informações de imagens. No início da década de 80, formou-se nos Estados Unidos um comitê coordenado pelo Colégio Americano de Radiologia (*American College of Radiology – ACR*) e pela Associação Nacional de Fabricantes de Equipamentos Elétricos (*National Electrical Manufacture's Association – NEMA*) para trabalhar na padronização de programas e equipamentos para acesso e distribuição de imagens médicas. Em 1993 foi adotado como padrão a versão 3.0 do modelo ACR-NEMA, conhecida como DICOM. Atualmente todos os fabricantes de modalidades para obtenção de imagem em formato digital estão trabalhando no desenvolvimento de produtos que sejam DICOM compatíveis.

3.1.3 EXIBIÇÃO DE IMAGENS

Para muitos usuários o sistema de exibição, ou *workstation*, é o único componente do PACS com o qual irá interagir diretamente. A estação de trabalho deve ser capaz de recuperar imagens de forma rápida, fácil e possibilitar uma navegação intuitiva na base de dados para facilitar a recuperação e comparação de dados relevantes relacionados ao exame. A definição de uma configuração ideal é bastante complicada, porém existem alguns requisitos mínimos que devem ser respeitados em se tratando de uma estação para interpretação de exames como possuir pelo menos dois monitores de alto brilho com 1.024 x 1.024 *pixels* no mínimo, apresentar a base de dados de forma otimizada, o tempo de espera entre a seleção da imagem e a sua exibição deve ser bastante curto (menor que dois segundos), além de possuir programas básicos de processamento de imagem (ajuste de brilho, contraste, *zoom*, inversão de escala de cinza, rotação, rolagem e inversão da imagem). Processamento mais sofisticado como realce de bordas (*edge enhancement*) e equalização de histograma podem ser disponibilizados, porém a possibilidade de impressão das imagens deve ser controlada.

Segundo Zhang, Sun e Stahl (2003), as estações de visualização são a principal interface para os usuários que acessam um PACS, pois a visualização das imagens é um importante componente no fluxo de dados deste sistema. Podem ser caracterizadas em diferentes tipos baseados na sua aplicação como diagnóstico, revisão, análise e educação interativa. Alguns exemplos são as estações para simulação de cirurgia e planejamento de radioterapia.

Geralmente as estações de diagnóstico são usadas pelos radiologistas para produzir diagnóstico primário, sendo que a maioria delas é equipada com *hardware* dedicado, possuindo assim, monitores de alta resolução com suporte para visualização de múltiplas imagens. Na maioria das vezes são computadores poderosos com grande quantidade de memória e CPU rápida, sistemas de visualização desenvolvidos especialmente para controlar a comunicação com diversas modalidades de imagem, investigação e navegação pela imagem, manipulação e

processamento da imagem, incluindo também o gerenciamento do fluxo de trabalho (ZHANG; SUN; STAHL, 2003).

3.1.4 ARMAZENAMENTO DE IMAGENS

Armazenar é a função de reter as imagens até que elas sejam requisitadas para visualização. Embora o armazenamento de imagens seja um dos focos do PACS, atrasos no desenvolvimento dessa tecnologia, bem como seu custo elevado tem limitado sua aplicação de forma generalizada, sendo essa uma das principais áreas de pesquisas acadêmicas e comerciais.

O armazenamento pode ser dividido em duas áreas distintas: armazenamento rápido (*short-term*), que inclui armazenamento local (magnético) e armazenamento longo (*long-term*).

O armazenamento local denominado *on-line*, geralmente refere-se ao disco rígido (HD - *Hard Disk*) do computador e armazena as informações da imagem digital em um disco magnético para uma recuperação rápida. Normalmente são utilizados discos com uma grande capacidade de armazenamento e de rápido acesso como os discos magnéticos RAID-5 (FURUIE et al., 1999). De modo geral, nos sistemas antigos, as imagens eram armazenadas no modo *on-line* por volta de um ou dois meses, devido ao grande volume de dados e o alto custo dos sistemas magnéticos de alta capacidade. Porém atualmente, essa realidade tem mudado bastante, principalmente nos Estados Unidos, em virtude da redução do valor dos equipamentos de armazenamento *on-line* e do aparecimento de novas mídias de armazenamento, assim as novas implementações contemplam apenas o armazenamento *on-line* associado a processos de redundância, como por exemplo, sistemas distribuídos.

Uma imagem guardada em um sistema de armazenamento local pode geralmente ser acessada em um tempo clinicamente adequado usando uma rede de comunicação rápida. O armazenamento local é utilizado tanto nas estações de visualização como também nos servidores do sistema.

Um segundo estágio de armazenamento rápido das imagens é denominado *nearline*, sendo geralmente gerenciado por um sistema automático que permite carregar e descarregar mídias através de um robô (*jukeboxes*). Neste caso, pode-se chegar a disponibilizar automaticamente as imagens de até 03 anos, dependendo do volume de exames gerados pelo hospital (ARENSEN et al, 2000).

O armazenamento por longo prazo, conhecido como *off-line*, refere-se geralmente às fitas magnéticas, CD-ROM's, DVD ou discos magneto-ópticos, que são retirados da *jukebox* e guardados em prateleiras, deixando de fazer parte do sistema automatizado.

Cada modalidade requer uma quantidade de MB em disco, específica para armazenamento de seus estudos, a depender do tamanho da imagem e a funcionalidade do equipamento. Na Tabela 1 é apresentado o espaço de armazenamento necessário para cada estudo considerando a modalidade que adquiriu as imagens (SMITH, 2004).

Tabela 1 – Espaço necessário para o armazenamento de cada estudo considerando a modalidade.
Fonte: SMITH, E. M. (2004, p. 2)

Modalidade	Descrição
Tomografia Computadorizada	Sistema <i>multislice</i> que de modo crescente, com pequenas fatias, necessitam de grande capacidade para armazenamento de seus arquivos.
Ressonância Magnética	O número de fatias e seqüências por estudo vem aumentando ao longo do tempo, com aplicações tais como, funcional, angiografia e visualização espectroscópica e, por isso, vem solicitando aumento na capacidade de armazenamento de seus arquivos.
Radiografia Computadorizada (CR)	Cada imagem produzida com CR contém aproximadamente 10 MB.
Radiografia Dirigida	Cada imagem produzida por esta modalidade contém aproximadamente 18 MB.
Ultra-som	Atualmente o número de ultra-sons tridimensionais vem crescendo e, sendo assim, essa modalidade também vem solicitando aumento na capacidade de armazenamento de seus arquivos.
Medicina Nuclear	Esta modalidade é a que necessita da menor quantidade de espaço em disco para armazenar seus arquivos
Fluoroscopia Digital	Esta modalidade produz vídeos digitais, o que requer uma capacidade de armazenamento significativa.
Angiografia	Radiologia angiográfica (angio-R) e Cardiologia angiográfica (angio-C) são estudos extremamente extensos. Alguns estudos de angio-C necessitam de mais de 100 MB.

Os arquivos das imagens médicas são enormes quando comparados com outros arquivos de dados clínicos e estão crescendo significativamente com as novas aplicações para prática clínica. Por exemplo, um exame radiográfico de tórax requer aproximadamente 10 MB

de espaço em disco para armazenamento. Segundo Andriole e Avrin (2004), um hospital típico com 500 leitos realiza aproximadamente 200.000 exames e pode gerar, em um ano, de 5 a 6 TB de dados em imagens.

Os dispositivos e mídias de armazenamento utilizados nos dias atuais incluem discos magnéticos, RAIDs, discos ópticos, discos magneto-ópticos e fitas, bem como novas tecnologias como o DVD. A utilização de novas mídias e dispositivos visa minimizar a relação custo/benefício. Na Tabela 2 é apresentada a relação de custo do armazenamento digital, considerando-se a capacidade da mídia e o número de GB (que podem ser armazenados por dólar), a capacidade e o tempo de recuperação.

Na Figura 3.3 é apresentado um gráfico da capacidade de armazenamento *versus* a performance característica de várias mídias de armazenamentos digital.

Tabela 2 – Capacidade de armazenamento da mídia digital, tempo de recuperação e custo por GB de armazenamento

Fonte: ANDRIOLE, K. P. e AVRIN, D. E. (2004, p. 32)

Tipo de mídia armazenamento	Capacidade	Tempo Recuperação	Custo por capacidade (na ordem de \$ por GB)
Disco Magnético	de GB a poucos TB	1 – 50 milisegundos	na ordem de 10
Disco Óptico	de 100 GB a 10 TB	de segundos a minutos	na ordem de 1
Fita	100 TB	10 segundos a minutos	na ordem de 1

Outros fatores que devem ser levados em consideração na escolha de uma mídia de armazenamento para dados de saúde são o conceito de migração de dados, sistemas que realizam redundância automática e monitoramento para priorizar a realização de *backup*.

Segundo Smith (2004), o número de *megabytes* ou *gigabytes* necessários para o armazenamento dos exames que constituirão a base de dados de imagens depende das modalidades que farão a aquisição das imagens, do número médio de imagens por estudo para cada modalidade, do número de *pixels* em cada imagem, o número de estudos realizados por ano, o tempo do armazenado do estudo em cada tipo de arquivamento e o crescimento projetado em função da quantidade de exames realizados.

Figura 3.3 – Gráfico da capacidade *versus* performance característica de armazenamento de mídia digital
 Fonte: ANDRIOLE, K. P. e AVRIN, D. E. (2004, p. 32)

Atualmente, o PACS está se tornando um componente chave dentro de um hospital e, sendo assim, as informações gerenciadas por ele devem estar disponíveis na maior parte do tempo e, para isso, são implementados mecanismos de tolerância à falha, também conhecidos como mecanismos de alta disponibilidade. Na Tabela 3 são apresentados os tempos de inatividade relacionados com a disponibilidade dos serviços do PACS, considerando que quanto maior a disponibilidade, melhor é a performance e a confiabilidade do sistema.

Tabela 3 – Alta disponibilidade X período de inatividade
 Fonte: SMITH, E. M. (2004, p. 13)

Disponibilidade (%)	Média por ano (dias)	Média por mês (horas)	Média por semana (horas)	Média por dia (minutos)
95%	18,25	36,5	8,42	72
98%	7,3	14,6	3,37	28,8
99%	3,65	7,3	1,69	14,4
99.9%	0,365	0,73	0,17	1,44
99.99%	0,0365	0,073	0,017	0,144
99.999%	0,00365	0,0073	0,0017	0,0144

3.2 INTERFACES PARA PACS

Um dos maiores problemas relacionados com o PACS é a comunicação entre as modalidades e os sistemas de informação - RIS e HIS. A associação correta entre as informações do paciente e as imagens com consistência de dados é fundamental para o funcionamento adequado de qualquer sistema de gerenciamento de imagens, seja analógico ou digital.

O sistema de troca de informações deve ser rápido, robusto e, preferencialmente, transparente para o usuário. A associação correta entre os dados do paciente e as imagens é um processo que possui dois passos básicos.

Em primeiro lugar, quando uma imagem digital é capturada um único número de identificação, normalmente fornecido pelo departamento de radiologia, é a ela associado. Embora outras informações possam ser também inseridas nesse momento, o número de identificação é a informação mais importante. Dependendo do dispositivo de aquisição de imagens utilizado, diferentes métodos podem ser usados para associar o número de identificação com as informações da imagem. Exemplos incluem leitores de código de barras, reconhecimento óptico de caracteres, barras magnéticas e entrada manual de dados (a entrada manual de informações não costuma ser uma boa opção devido à alta taxa de erro associada).

Uma vez que a imagem esteja associada de forma correta ao seu número de identificação, esse número pode ser utilizado para recuperar dados importantes do paciente a partir da base de dados. Dependendo das configurações do RIS, HIS e PACS, uma grande variedade de opções existe para esse fim. Algumas soluções desenvolvidas incluem a manutenção de bases de dados separadas para informações relacionadas ao PACS e ao paciente e, o uso de programas para extração de informações do HIS e RIS.

No estudo de Boehm et al. (2004) sobre a avaliação de PACS comerciais foram avaliados cinco soluções comerciais em um período de uma semana, em três hospitais da

Europa. Foram desenvolvidos dois questionários: um em relação às estações de trabalho dos radiologistas (estações de laudo) e outro em relação à distribuição de imagens utilizando a tecnologia *Web* para as estações de visualização dos laudos. O questionário foi respondido por 44 radiologistas e 76 médicos, sendo que os resultados constatarem que: em relação a manipulação dos dados – o fornecedor (GE) não disponibilizou ou autorizou um conjunto de dados anônimos do DICOM, mas reconheceu ter um conjunto de dados consistente de estudos similares. Um outro fornecedor (Philips) mostrou dificuldades para apresentar corretamente as pilhas das imagens de tomografia computadorizada e ressonância magnética. Somente três fornecedores (*Siemens*, *Image Devices* e *Agfa-Gevaert*) gerenciaram corretamente a visualização do conjunto de dados em DICOM.

Quanto à estabilidade do *software*, o fornecedor (GE) apresentou primeiramente uma versão beta de uma nova *release*, mas este foi forçado a mudar durante a primeira semana porque o *software* ficou instável. Todos os outros produtos permaneceram estáveis. Assim, os autores concluíram que nenhum dos fornecedores foi capaz de suprir as necessidades da estação do radiologista e das estações de visualização, mas tiveram a aceitação de todos os usuários.

Os autores destacam que é importante uma avaliação entre os produtos de vários fornecedores, levando-se em consideração o investimento que será realizado e as funcionalidades que são oferecidas.

3.3 INFRA-ESTRUTURA PARA PACS

Para Huang (2004), a infra-estrutura do PACS provê um esquema necessário para a integração da distribuição e equipamentos heterogêneos de imagens e possibilita o gerenciamento de banco de dados com as todas as informações relacionadas ao paciente. Além disso, oferece meios eficientes de visualização, análise, documentação dos resultados

dos exames e fornece um método efetivo para transmitir o resultado dos exames ao médico. Ela consiste de um esquema básico de *hardware* (modalidades de imagem, dispositivos de armazenamento, servidores, rede de comunicação e sistemas de visualização) integrados por padrões e de *softwares* para comunicação, gerenciamento de banco de dados, gerenciamento do armazenamento, escalonamento dos serviços, tratamento de erros e monitoramento da rede.

Toda infra-estrutura deve ser flexível e incorporar regras para manter performances confiáveis não somente para o gerenciamento das operações básicas do PACS, mas também para pesquisas complexas, serviços clínicos e solicitação educacional. Os módulos de *software* da infra-estrutura personificam entendimento suficiente e cooperativo em nível de sistema para permitir que os componentes trabalhem juntos, interligados em redes de computadores. Os componentes de *hardware* incluem servidores com informações dos pacientes, modalidades de imagem, interfaces modalidades/informações, controladores de banco de dados e armazenamentos e estações de visualização conectados em rede para manipulação eficiente do fluxo dos dados e das imagens do PACS. Imagens e dados armazenados no PACS podem ser extraídos do arquivo e transmitidos para servidores de aplicação de vários usuários. Na Figura 3.4 são apresentados os componentes básicos e o fluxo de dados de um PACS (HUANG, 2004).

Para Beird (1999), a instalação do PACS deve se iniciar com a infra-estrutura da rede e a análise das mídias de armazenamento. Um exemplo para se considerar é que novas tecnologias tais como tomografia computadorizada helicoidal, ressonância magnética funcional, angiografia digital entre outros, geram grandes arquivos de imagens, podendo ocorrer um impacto significativo na performance e no espaço de armazenamento. Esses aspectos devem ser cuidadosamente considerados no projeto, de modo a garantir a possibilidade de crescimento das informações e da demanda.

A fase de instalação e implementação permite focalizar sobre elementos específicos associados com a instalação. Esses elementos incluem estabelecer a melhor configuração, validação das modalidades de imagens, interface HIS-RIS-PACS, instalação de *worklist* de modalidades, estabelecimento do fluxo de trabalho departamental e treinamento dos médicos e equipe de suporte.

Figura 3.4 – Componentes básicos e fluxo de dados de um PACS
Fonte: HUANG, H. K. (2004, p. 11)

Segundo Peer et al. (1999), a rápida aquisição e imediata distribuição de todas as imagens necessárias, assim como os relatórios, para o especialista são os principais objetivos de um PACS. Em seu artigo, os autores descrevem a estrutura PACS do departamento de Traumatologia do *University Hospital Innsbruck*, (Áustria). Esse PACS utiliza uma rede rápida ATM com topologia em estrela e alto nível de interação entre os sistemas de informação, de forma a garantir rápida aquisição e distribuição de imagens para o cirurgião. O PACS do Departamento de Traumatologia é ligado ao PACS da Radiologia Geral, com acesso direto para os dados dos demais exames como fluoroscopia digital e angiografia, entre outros.

Ainda considerando Peer et al. (1999), uma análise do tempo de processamento, na seção de radiologia de trauma equipada com PACS e uma seção de radiologia geral, equipada convencionalmente, mostram vantagens visíveis na utilização do sistema integrado. O tempo aguardado pelo paciente e o tempo gasto para aquisição dos raios-X foram comparados. Enquanto no departamento convencional o tempo entre a chegada do paciente ao departamento de radiologia e o fim da aquisição das imagens é de aproximadamente 26 minutos; no PACS ele é de aproximadamente 21 minutos. Tal fato pode significar uma diferença razoável de desempenho, considerando-se um volume grande de exames.

No dimensionamento da infra-estrutura de um PACS devem se agregar os vários padrões disponibilizados pelas indústrias de *hardware* e *software*, pois esta filosofia é utilizada para minimizar o desenvolvimento e a construção. Usando os padrões aumenta-se a portabilidade do sistema para outras plataformas computacionais. Por exemplo, os seguintes padrões industriais podem ser utilizados na infra-estrutura de desenvolvimento de PACS: sistema operacional UNIX, sistema operacional Windows NT/XP, protocolos de comunicação DICOM e TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), SQL (*Structured Query Language*) como a linguagem para consulta aos bancos de dados, padrão DICOM como formato de imagem e comunicação, linguagens de programação C e C++, Windows X para interface com os usuários, ASCII para representação de textos e passagem de mensagens, HL7 para envio das informações do banco de dados dos hospitais e XML (*Extensible Markup Language*) para representação e envio dos dados pela WWW (*World Wide Web*) (HUANG, 2004).

Confiabilidade é o assunto mais importante em um PACS por duas razões. Primeira, um PACS possui vários componentes e a probabilidade de um componente falhar é alta. Segunda, porque o PACS gerencia e disponibiliza informações críticas do paciente, por um longo período e essa situação muitas vezes, não pode ser tolerada por um sistema.

No desenvolvimento de um PACS é, portanto, importante o uso de mecanismos de tolerância à falha, incluindo programas de detecção de erros e registro de *logs*, programas de auditoria externa (exemplo: processos de gerenciamento da rede que checam a situação da rede, espaço no disco magnético, estado do banco de dados, estado do processador e estado da fila de serviço), redundância de equipamentos e programas inteligentes que restauram os blocos do disco magnético.

Alguns mecanismos de recuperação de falhas que podem ser utilizados incluem recuperação automática dos *jobs* com recursos e algoritmos alternativos e rotinas inteligentes de *bootstrap*, que permitem ao computador do PACS continuar suas operações automaticamente após uma interrupção ou falha no sistema.

Cao, Huang e Zhou (2003) destacam que os serviços do PACS podem ser acessados através da *internet*, ou seja, os médicos podem acessar as informações de seus consultórios ou residências, os pacientes podem acessar suas informações de suas casas, ou até mesmo pode ser implantado um serviço de teleradiologia ou outra aplicação de telemedicina, sendo que isso, pode aduzir milhares de oportunidades para um intruso casual ou com intenção maliciosa, adulterar as imagens dos exames. Os métodos convencionais de segurança para *Internet* não são suficientes para garantir que as imagens não serão comprometidas durante a transmissão dos dados, assim para aumentar a segurança dos dados são utilizadas técnicas que incluem *Virtual Private Network* (VPN) e criptografia dos dados.

Atualmente os PACS são implementados seguindo-se uma das três arquiteturas básicas: independente, cliente/servidor e baseada na *Web*.

No modelo de “arquitetura PACS independente” as três maiores características referem-se a: as imagens são automaticamente enviadas e designadas para leitura e revisão nas estações de trabalho do servidor de arquivos, estações de trabalho também podem

consultar e recuperar imagens para o servidor de arquivos, estações de trabalho tem poucos espaço para armazenamento (HUANG, 2004).

No modelo de “arquitetura PACS cliente/servidor” as três características mais significativas salientam: as imagens são centralizadas e armazenadas no servidor PACS, de uma simples *worklist* das estações de trabalho do cliente, um usuário seleciona as imagens através do servidor de arquivos, e mesmo que a estação de trabalho não tenha espaço para armazená-las, as imagens são retiradas da fila de trabalho após a leitura.

O modelo de “arquitetura PACS baseado na *Web*” é parecido com a arquitetura cliente/servidor com relação ao fluxo dos dados. Porém, a principal diferença é que o *software* do cliente é uma aplicação baseada em componentes *Web* e pode-se adicionar as seguintes vantagens em relação à arquitetura cliente/servidor: o *hardware* da estação de trabalho do cliente pode ter uma plataforma independente, desde que suporte um navegador *Web*, o sistema é uma aplicação completamente portátil, que pode ser utilizada em vários lugares através de conexão de *internet*.

Na Figura 3.5 é mostrado o servidor de arquivos de imagens baseado na *Web*, sendo que ele deve suportar navegadores *Web* conectados à *Internet*, interpretar consultas de navegadores escritas em HTML ou Java e convertê-la para os padrões DICOM e HL7, suportar DICOM *query/retrieve* SOP para pesquisar e recuperar imagens e dados do controlador PACS e prover um tradutor para converter imagem DICOM e textos HL7 em HTTP.

Atualmente, o uso da WWW na radiologia é expressivo; seja para ensino, pesquisa ou assistência. Essa tecnologia está sendo usada, principalmente, para acessar informações e imagens integradas em redes e para teleradiologia.

Figura 3.5 – Arquitetura básica para PACS baseado em componentes *Web*
 Fonte: HUANG, H. K. (2004, p. 344)

Wang e Starren (2000) citam que por um bom tempo as arquiteturas das informações clínicas suportavam apenas dados textuais, sendo que os dados binários (imagens, sons e vídeos) eram deixados de lado. Porém, com o avanço dos computadores pessoais equipados com multimídia, iniciou-se uma grande demanda para desenvolvimentos que englobassem essa tecnologia. Inicialmente, a rede de alta velocidade e os dados multimídia eram limitados a usuários locais, pois requeriam programas específicos instalados no sistema *desktop*. Atualmente com a disseminação da *Internet* de alta velocidade tornou-se possível a transmissão desses dados através da *Web*, utilizando um *browser* como *Netscape Navigator* ou *Internet Explorer*, os quais já possuem suportes internos para dados multimídias. Podendo também ser utilizados componentes *Active-X*, *applets Java* e *plug-ins* para *Quicktime*, MPEG (*Moving Picture Experts Group*) e PDF (*Portable Document Format*).

Os autores desenvolveram um sistema que utilizava as tecnologias *Java/Servelet*, *SSL* (*Secure Socket Layer*) e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) *Oracle 8i*. O principal critério foi desenvolver um sistema que conseguisse operar na *internet* e que os usuários pudessem acessar as informações dos pacientes e fazer *upload* das imagens. Além disso, o sistema deveria permitir acesso apenas dos usuários autorizados, ser flexível e rodar em várias plataformas. A segurança era controlada por três componentes: codificação,

autorização e autenticação. Para a segurança na comunicação através da *internet* foi utilizado o SSL (WANG; STARREN, 2000).

Fernández-Bayó et al. (2000) apresentam o desenvolvimento de um PACS para *Web* constituído por um servidor *Web* DICOM para gerenciar as informações. O usuário pode requerer uma lista específica dos pacientes contida no servidor *Web*, sendo que esta é mostrada em seu *browser* e assim ele pode, então, selecionar qualquer um dos pacientes da lista. Após a escolha do paciente, o servidor *Web* realiza outra consulta e retorna uma lista dos estudos do paciente. O usuário seleciona um dos estudos e as imagens referentes a ele são recuperadas do banco de dados DICOM pelo servidor *Web* e mostradas no *browser*, com a ajuda do *DICOM Java Viewer*. O servidor *Web* DICOM é baseado na plataforma *Windows*, e utiliza o *Windows NT 4.0 Server* com o IIS (*Internet Information Server*) como servidor *Web*. As imagens são armazenadas em formato DICOM, e estão sendo compactadas ou convertidas em formatos de arquivos para *Internet*.

Os serviços DICOM do servidor *Web* foram desenvolvidos com a combinação da linguagem C++ e *Visual Basic*. O *DICOM Java Viewer* pode mostrar as imagens DICOM em escala de cinza com 8, 12 ou 16 bits, incluindo todos os tipos de imagens DICOM obtidas a partir de ultra-sonografia ou medicina nuclear.

Langer (2002) apresenta o desenvolvimento do OpenRIMS, um PACS que integra todas as modalidades de imagens e o RIS utilizando o padrão DICOM para gerenciamento das imagens, e o HL7 para interação com o HIS. O PACS utiliza *software* livre como: *sendmail*, Servidor *Web Apache*, sistema operacional *Linux*, PERL (*Practical Extraction and Reporting Language*), *Python* e PHP (*Hypertext Preprocessor*).

O OpenRIMS foi estruturado utilizando as seguintes configurações: o banco de dados reside em um servidor *Windows NT*, enquanto o servidor *Web* e os códigos de interpretação *DICOM/HL7 Python* residem num servidor *Linux RedHat*. A comunicação entre o servidor

Linux e o banco de dados no *Windows* é efetuada através do ODBC (*Open Database Connectivity*). A maioria das interfaces de interação com o OpenRIMS (sistema de administração, criação e edição de relatório e agendamento de exames) é processada diretamente em HTML (*Hypertext Markup Language*).

O usuário deve autenticar-se no sistema e neste momento é realizado o controle de regras de acesso, que regulamenta os serviços que este usuário poderá interagir. O sistema categoriza os usuários com uma ou mais propriedades: administrador, escriturário, agendador, escrevente, radiologista ou médico. As operações disponibilizadas são as de criação, cancelamento, edição e movimentação dos dados do paciente, exames, relatórios, recursos do departamento e usuários. A engenharia de interface é responsável por analisar as mensagens e submetê-la ao OpenRIMS API que suporta os serviços de DICOM *C-STORE*, *C-GET* e *worklist* ou operações HL7 para suportar a criação de exames.

Cao et al. (2003) apresentam a implementação de um PACS no Hospital da Faculdade de Medicina de Niigata (Japão). O hospital possui 770 leitos e tem aproximadamente 540 estações de trabalho conectadas ao HIS. O sistema desenvolvido foi o INIS, que consiste de quatro partes: servidores específicos para armazenar as imagens médicas de diferentes fabricantes e modalidades, servidor de banco de dados de imagens integrado para armazenar as imagens em várias classes no formato DICOM, um servidor de aplicações *Web* para conectar clientes ao servidor de banco de dados de imagens integrado e estações de trabalho com navegadores *Web* conectadas ao sistema HIS.

O INIS fornece um projeto de tela comum para recuperar as imagens dos exames e os relatórios radiológicos, o que permite que os médicos recuperem as imagens e os relatórios correspondentes ou as imagens de ECG (eletrocardiograma) de um paciente e as visualizem simultaneamente em uma única tela.

Uma característica destacada pelos autores refere-se ao fato que os visualizadores do INIS permitem a manipulação das imagens utilizando efeitos de rolagem, *zoom*, espelhamento e instrumento de medida. Os arquivos das imagens são enviados do servidor para o cliente em formato comprimido para reduzir o tráfego na rede, sendo que a descompressão é realizada na memória RAM da estação de trabalho. No final da sessão, todas as imagens são excluídas da memória.

Law e Huang (2003) apresentam um PACS utilizado para gerenciar o fluxo de dados de tratamentos através de radioterapia, sendo que estes tratamentos são baseados em imagens de raio-X, tomografia computadorizada, ressonância magnética, tomografia por emissão de *pósitron* e acelerador linear (LINAC) para localização do tumor, planejamento do tratamento e verificação dos planos de tratamento. O PACS é utilizado extensamente para auxiliar no processo de cuidados ao paciente, para registro dos planos de tratamento, registro das imagens para identificar as regiões de tratamento e marcações para alinhar as imagens, fusão de imagens para delinear as estruturas patológicas das várias modalidades, anatomia para identificar a forma, tamanho e localização do local a ser atingido, monitoramento do tratamento e cálculo da dose.

O PACS que foi desenvolvido integra todos os objetos DICOM RT com os sistemas de informação, criando assim um sistema baseado em DICOM com o mínimo de intervenção humana no processo de transferência das informações. O servidor coordena o fluxo de trabalho no tratamento completo, uma vez que o sistema possui como características a integração de todas as informações do paciente e as imagens pertinentes ao tratamento, registro dos dados das doses de radioterapia, registro dos planos de radioterapia, e criação de um compreensivo registro do paciente contendo todas informações.

O *PACSPulse* é uma ferramenta *open-source* desenvolvida para identificar e analisar a performance do gargalo de um PACS. O *PACSPulse* fornece uma interface gráfica via *Web*

para análise direta da performance dos componentes básicos do PACS (aquisição dos dados através do rastreamento da rede, servidores, estações de trabalho e tipo de tráfego). A performance dos *logs* é enviada via FTP para um servidor específico, e assim os dados são analisados e enviados para um banco de dados conectado a um servidor *Web*. O site é usado para representar tendências na performance do sistema e detectar sinais de degradação. O sistema foi construído com componentes *open-source*, sendo que a performance de monitoramento é uma ferramenta essencial para analisar, compreender e redefinir as características de performance de um PACS (NAGY et al., 2003).

Tellis e Andriole (2004) apresentam a implementação de um PACS que integra estações de visualização, terminais do HIS, PDAs (*Personal Digital Assistants*) e as impressoras, que são utilizadas para gerar impressões automaticamente ou sob demanda. As aplicações foram desenvolvidas usando a linguagem de programação Java; ressaltando também que o serviço de mensagens Java (JMS) foi usado para gerenciar a liberação dos achados, com JMS provendo um *framework* robusto e flexível para enviar as mensagens entre as diferentes aplicações. A aplicação é usada para todos os exames de urgência.

A aplicação consiste de três grandes componentes: um servidor de banco de dados, um servidor *Web* e um provedor de serviços de mensagem Java. O servidor de banco de dados utilizado é o *PostgreSQL* versão 7.2 rodando em uma estação *Sun Solaris* 8. O componente baseado em *Web* desta aplicação utilizou *servlet* e JSP (*Java Server Pages*). Os autores concluem que a tecnologia JMS é uma solução potencial para a integração entre sistemas da área médica.

Urtiga et al. (2004) descrevem o desenvolvimento do projeto chamado Mini-WebPACS, que consiste em um sistema PACS, baseado em plataformas de *hardware* de baixo custo e uso de *software* com Licença Pública GNU. A metodologia do projeto baseou-se no uso de arquiteturas padrão (TCP/IP, DICOM e *Web*) e *software* livre.

O Mini-WebPACS é suportado por um servidor *Linux*, com um banco de dados relacional *PostgreSQL* e um servidor DICOM, que foi desenvolvido com o uso da linguagem Java. O programa implementado deverá receber, executar e responder coerentemente as requisições de serviço originadas de equipamentos e ou aplicações compatíveis com o padrão DICOM.

As páginas de acesso e controle foram desenvolvidas utilizando a ferramenta *Gen Developer*, que proporciona o desenvolvimento rápido de aplicações para *Web*, no qual o código é totalmente escrito em Java e baseado no *framework Jakarta Struts*. As linguagens predominantes no desenvolvimento do sistema foram o JSP e *Javascript*.

O sistema possui serviços de consulta e visualização de imagens, possibilita a visualização, inserção ou alteração dos laudos; a tela de exibição dos laudos possui botões que se apresentam habilitados ou desabilitados, indicando para o usuário o que pode ser feito em cada documento específico.

De acordo com Urtiga et al. (2004), o uso destas tecnologias dispensa qualquer custo de licença, reduzindo ainda mais o investimento dos usuários. A segurança e o controle do acesso às informações foram feitos por um Serviço de Diretório utilizando o protocolo LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*). Esse serviço pode ser integrado a uma solução mais completa e abrangente para transações seguras envolvendo encriptação e autenticação, utilizando serviços baseados em SSL e Autoridade Certificadora (AC).

Os autores mencionam que as principais vantagens do Mini-WebPACS para um hospital ou clínica podem ser resumidas em: acessibilidade - a informação está disponível para todo o pessoal médico no momento em que se requeira. Não é preciso contar com processos intermediários de solicitação, nem longos tempos de espera; segurança - o acesso da informação está predefinido e controlado por meios eletrônicos (senhas de acesso, perfis de controle, entre outros); facilidade de armazenamento - os processos de armazenamento de

informações estão automatizados. A intervenção do pessoal técnico-administrativo se minimiza; economia - os custos da implantação e operação deste sistema não são superiores aos custos de manejo de filmes em sistemas de radiologia convencional. Conta-se também, que os benefícios ao paciente devido ao incremento na eficiência são importantes; emprego das bases de dados - a qualidade do cuidado ao paciente se incrementa significativamente ao se permitir buscas e comparações entre imagens e procedimentos, bem como se manter por longo prazo seu histórico digital; visualização múltipla - uma imagem pode ser visualizada em lugares distintos simultaneamente, de tal maneira que um especialista possa fazer um diagnóstico no serviço de radiologia enquanto, ao mesmo tempo, um médico no consultório examina as imagens preliminarmente; intercâmbio de imagens - vários hospitais e clínicas poderão transferir, via *Internet*, as imagens relativas a pacientes transferidos ou atendidos em emergências; interface centrada no usuário - o Mini-WebPACS disponibiliza para o usuário/médico uma interface simples, rápida e fácil de usar, cujos controles permitem operações e efeitos relativamente óbvios, minimizando a ocorrência de erros e provendo um *feedback* imediato e útil.

4 RADIOLOGIA SEM FILME

O avanço tecnológico seja com relação aos equipamentos ou a tecnologia da informação vem trazendo grandes avanços e modificações para a medicina. Entre elas, muitos pesquisadores se referem a um serviço de radiologia sem filme (*Filmless*), discorrendo sobre um hospital, com um ambiente de rede, amplo e integrado no qual o filme foi completamente ou em grande parte substituído por sistemas eletrônicos que adquirem, arquivam, disponibilizam e exibem imagens.

A Radiologia *Filmless* tem como base o conjunto formado por Sistema de Comunicação e Armazenamento de Imagens (PACS), Sistemas de Informação em Radiologia (RIS) e Sistema de Informação Hospitalar (HIS) (SIEGEL; KOLODNER, 1999). Para esses autores, a implantação de um serviço de radiologia *filmless* deverá trazer melhorias concernentes à acessibilidade na aquisição, exibição e processamento de imagens.

Ainda segundo os autores, pesquisas especializadas indicam que a maioria dos serviços médicos fará a transição para radiologia *filmless* nos próximos dez a vinte anos.

Para Siegel (1998), a transição para a operação *filmless* tem resultado na eliminação de algumas etapas no processo de disponibilização das imagens para os radiologistas, o que tem reduzido o tempo do estudo das imagens de 24 horas para 02 horas. Este impacto positivo reflete na qualidade do atendimento do serviço de radiologia e, conseqüentemente, na saúde do paciente.

O autor ainda enfatiza que um dos pontos mais positivos, indicado como um dos maiores benefícios na implementação de sistemas *filmless*, tem sido a eliminação de estudos pendentes. Os 8% de estudos pendentes medidos antes da implantação do PACS caíram para aproximadamente 0.3%, em 1996. Isto deve-se ao fato desses estudos pendentes poderem ser identificados semanalmente através de uma auditoria, usando o sistema HIS/RIS e, então,

serem interpretados subsequenteemente (Figura 4.1). Essa análise foi realizada no *Baltimore Veterans Affairs (VA) Medical Center* (Estados Unidos).

Figura 4.1– Gráfico da redução em números de estudos pendentes
Fonte: SIEGEL, E. L. (1998, p. 228)

Além desses dados, Siegel (1998), cita que em outra análise realizada no *Baltimore Veterans Affairs (VA) Medical Center* (Estados Unidos), verificou-se que a combinação do uso de sistemas de radiografia computadorizada e da habilidade para modificar imagens utilizando estações de trabalho do PACS tem resultado na diminuição da solicitação de novas imagens de 5% para aproximadamente 0.8%; o que representa uma redução de 84% no volume de novas imagens geradas (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Gráfico da redução em solicitação de novas imagens
Fonte: SIEGEL, E. L. (1998, p. 228)

Para Peer et al. (1999), a tendência é o diagnóstico por imagem totalmente digital e distribuído como forma de redução de custos, primazia da qualidade e facilidade no acesso às imagens. Um exemplo por ele citado é o Hospital de Traumatologia de *Innsbruck* (Áustria),

que no primeiro ano de funcionamento totalmente digital teve uma redução de 25% nos custos em relação à utilização de filmes.

Já no estudo de Lev et al. (1999), demonstram que houve um aumento de 14% na detecção de infartos cerebrais agudos utilizando-se o recurso de janelamento na estação de trabalho, pois o janelamento auxilia no parênquima para detecção de isquemias cerebrais facilitando a visualização do contraste entre o tecido normal e o edema.

O surgimento do conceito *Filmless* tem resultado em um grande número de avanços operacionais, incluindo melhoria no gerenciamento das imagens e leitura mais rápida possibilitando acessos quase em tempo real (REINER et al., 2000).

Para Fernández-Bayó et al. (2000), com a aparição da radiologia *filmless* tornou-se possível a distribuição das imagens radiológicas digitais para todo hospital possibilitando, assim, a criação de um acesso através da WWW, em que médicos podem consultar as informações do paciente de qualquer localidade desde que tenham a autorização, um computador e um navegador *Web* em seu sistema.

No estudo realizado por Pomerantz et al. (2000), eles relatam que a possibilidade do uso de janelamento das imagens na estação de trabalho aumentou a detecção de anormalidades em 18% nos exames de tomografia computadorizada de abdome e tórax, isso significa que há uma melhora na detecção e caracterização da lesão com grande eficácia no diagnóstico, sendo que o uso do janelamento aumenta o tempo de laudo em apenas 40 segundos por caso.

Kinnunen e Pohjonen (2001) inferem que a radiologia *filmless* pode auxiliar os radiologistas aumentando a performance do diagnóstico radiológico, pois é exequível trabalhar em estações de trabalho que possuem ferramentas para manipulação das imagens (janelamento, simuladores de lentes de aumento, comparação simultânea de múltiplos exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética); nas reuniões clínicas é possível

aumentar o tamanho e imagem analisando-a em conjunto através de um vídeo projetor, possibilitando que a imagem seja visualizada por todos; o que promove um processo maior de interação.

De acordo com Kinnunen e Pohjonen (2001), os radiologistas estão convencidos que a leitura das imagens em estações de trabalho permite a visualização correta dos numerosos detalhes, principalmente nos exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética.

Autores como Siegel e Reiner (2002) assinalam que a transição para radiologia *filmless* tem sido o grande desafio para os departamentos de radiologia que ainda trabalham com o filme, pois a implantação desta metodologia pode reduzir várias ineficiências que existem no diagnóstico por imagem. Estas eliminações incluem o fato de que a radiografia em filme pode estar somente em um lugar ao mesmo tempo, o tempo de retorno do filme e a tendência do filme ser perdido ou extraviado. A introdução da radiologia *filmless* permite a tentativa de melhorar ou aperfeiçoar a produtividade do departamento de radiologia, bem como aumentar a qualidade das imagens.

A radiologia *filmless* pode aumentar a eficiência dos cuidados ao paciente porque promove a radiologia em *real-time* e disponibiliza a teleradiologia. Cao et al. (2003), destacam que o governo japonês está promovendo a implantação de serviços de radiologia *filmless*, pois através desse sistema é possível apostar no sucesso do uso da teleradiologia e telemedicina.

Reiner, Siegel e Siddiqui (2003) descrevem que com a implantação da radiologia *filmless* é possível evoluir de um processo de interpretação estático para um processo dinâmico utilizando reconstrução volumétrica, navegação por esta reconstrução e o uso de ferramentas de apoio à decisão diagnóstica. O resultado desta otimização é uma ótima

interface de interação humano-computador com a perspectiva de aumento da produtividade, diagnóstico seguro e interpretação precisa.

Azevedo-Marques et al. (2004) discutem que num departamento de radiologia sem filme, além das funções básicas de manipulação de imagens, as estações de laudo devem possuir ferramentas para seleção de imagens-chave para serem vinculadas aos respectivos laudos. Com este novo sistema, as imagens para consulta via *browser* serão as imagens-chave selecionadas pelos radiologistas e disponibilizadas em formato JPEG por um servidor *Web*, ficando o acesso aos arquivos DICOM restrito às estações de laudo. Desta forma, a visualização dos exames laudados vinculados às suas imagens será realizada de maneira mais eficiente exibindo de forma direta as imagens de interesse ao exame para o médico que está fazendo a consulta.

Métodos de reconhecimentos automatizados de regiões anatômicas estão sendo implementados nos serviços de radiologia *filmless* para minimizar erros de troca de exames; sendo que esses métodos são desenvolvidos utilizando técnicas de processamento de imagem e correlacionam a imagem do exame com os dados demográficos armazenados no RIS ou HIS.

Furukawa et al. (2004) citam que há várias vantagens para se adotar um sistema de radiologia *filmless* e entre elas relacionam o aumento na eficiência do gerenciamento dos dados, eliminação da dificuldade de armazenamento e recuperação dos filmes, além de rápida e fácil comunicação para retransmissão das imagens.

A transformação de departamento de radiologia baseados em filmes para departamento de radiologia *filmless* tem aumentado constantemente, porém é preciso adaptar-se às mudanças, sendo viável a criação de uma nova estratégia para o fluxo de trabalho, uma vez que essa alteração será recompensada pelo aumento na demanda de trabalho.

Para Backer, Mortelé e Keulenaer (2004), a instituição do departamento de radiologia *filmless* pode provocar uma oportunidade de reengenharia no fluxo de trabalho do departamento ou do hospital, enfatizando que essa situação contribuirá para o aumento da eficiência dos técnicos, equipe de escreventes e radiologistas.

As tecnologias empregadas na radiologia *filmless* têm permitido ao radiologista direcionar um envolvimento maior na triagem e gerenciamento das decisões clínicas do paciente, ocasionalmente consultas ao médico ou discussão com a equipe médica multidisciplinar que pode auxiliar na criação de uma seqüência melhor de exames para resolução da patologia do paciente.

Para Matsumoto (2005), o grande avanço nas telecomunicações e da *Internet*, bem como a introdução de sistemas de radiologia *filmless* propiciaram o advento da teleradiologia, ou seja, a transmissão eletrônica de um exame radiológico de um local a outro através de uma conexão digital. As principais aplicações da teleradiologia compreendem a interpretação oficial do exame à distância, a segunda opinião (teleconferência), a cobertura de emergência à distância e a cobertura de regiões carentes de radiologistas.

A teleradiologia também otimiza a produtividade da equipe médica através da centralização de laudos. Devido à diferença de fusos horários, os americanos utilizam serviços de teleradiologia da Austrália e da Índia para cobertura 24h dos seus serviços.

Na área de distribuição de resultados novos recursos podem ser implantados com o processo da digitalização como a gravação dos exames em CDs ou DVDs e a consulta de resultados pela *Internet*, beneficiando tanto o paciente como o médico. Porém, para que haja a integração entre os equipamentos de modalidades de imagens e os sistemas de informação em saúde, inclusive o PACS, criou-se padrões e protocolos mundiais que padronizam a troca de informações e imagens, como o DICOM, o HL7 e o IHE (*Integrating the Healthcare Enterprise*).

Matsumoto (2005) salienta que para propiciar a conectividade entre os diferentes fabricantes foram adotados padrões como o DICOM, HL7 e IHE que devem ser respeitados para facilitar a integração do PACS, como Sistema de Informação Hospitalar e o Sistema de Informação em Radiologia, constituindo assim, um ambiente de radiologia sem filme.

Os padrões e protocolos mais utilizados em informática em saúde (DICOM, HL7 e IHE) são descritos no Apêndice A.

5 RECUPERAÇÃO DE IMAGENS BASEADA EM CONTEÚDO

Atualmente os documentos digitais, especialmente as imagens digitais, são de extrema importância para o cuidado do paciente, seu uso está em constante crescimento sendo armazenadas em diferentes bases de dados que podem ser acessadas através de redes de comunicação.

Como existe uma elevada quantidade de documentos digitais de um paciente, conseqüentemente, há uma necessidade também grandiosa por algoritmos de busca, métodos de indexação e técnicas de classificação. Dentre os métodos para a busca de imagens, pode-se citar um método de indexação das imagens através de palavras-chave que as descrevam, podendo assim realizar *matching* de *strings* sobre estas palavras, ou seja, fazer um cruzamento de caracteres entre as palavras. Porém, esse método é dispendioso em relação ao tempo das descrições, pois estas precisam ser inseridas manualmente, além do que são imprecisas em relação à classificação das imagens porque a detecção é subjetiva, uma vez que é baseada no ponto de vista de um indivíduo que esteja registrando a descrição.

Outro método muito utilizado é o de recuperação de imagens baseado no contexto do documento em que a imagem está inserida. O processo se baseia no *matching* de uma palavra-chave que descreve a imagem. O sistema procura em arquivos de hipertexto com imagens que possuam a palavra-chave. O problema desse método é que as imagens inseridas nos hipertextos não necessariamente correspondem ao texto.

Um terceiro método é o de recuperação de imagens através do seu próprio conteúdo, denominado recuperação de imagens baseada em conteúdo do inglês (*Content-Based Image Retrieval-CBIR*). Esse método considera as características da imagem para recuperá-la.

O método de CBIR vem sendo proposto como ferramenta para auxiliar os médicos em suas tarefas, pois segundo Azevedo-Marques et al. (2002), um ambiente médico se caracteriza

pela diversidade e quantidade de informações que são produzidas ao longo do tratamento e acompanhamento de um paciente. Diversos tipos de sistemas de gerenciamento de informação podem ser encontrados dentro desse ambiente, para controle dos dados administrativos e clínicos. Estes dados podem estar na forma de atributos textuais, representando informações gerais sobre o paciente e dados do prontuário, bem como na forma de imagens, resultantes da realização de exames. Nesse contexto, a busca por informações pode ser feita mediante consultas por elementos textuais ou por imagens. Um sistema que possibilite a busca de exames a partir de informações sobre o seu conteúdo pictórico é denominado de sistema de recuperação de imagens baseada em conteúdo.

Ankerst, Kriegel e Seidi (1998) assinalam que na última década o aumento de banco de dados de imagem tem estabelecido relevância na área da medicina, jornalismo, moda, arte e indústria. Entretanto, práticas correntes em consulta e recuperação de imagens são freqüentemente baseadas em consultas em partes iguais e exatas. Bancos de dados de imagens, tipicamente, suportam apenas consultas por nome de arquivo, títulos e palavras-chave; esses bancos de dados estão se tornando importantes para as agências de *marketing*, diagnósticos médicos, agências de patente, entre outros.

Assim, a recuperação de imagens baseada em conteúdo é uma alternativa importante e um complemento fundamental para os sistemas tradicionais de busca baseada em texto, especialmente no que se refere ao gerenciamento dos dados em sistemas de informação com suporte a imagens (HONDA et al., 2002).

O termo recuperação de imagens baseada em conteúdo na literatura parece ter iniciado por Kato em 1992, para descrever suas experiências em recuperação de imagens de um banco de dados utilizando características de cor e forma. Desde então, vários trabalhos estão utilizando este termo CBIR para descrever o processo de recuperação de imagens com base na extração automática de características como cor, textura e forma. As características usadas

para recuperação podem ser tanto primitivas como semânticas, mas o processo de extração deve ser predominantemente automático (MIDDLETON; MILLINGEN, 1999).

Segundo Chen, Wang e Krovetz (2005), de uma perspectiva computacional, um sistema típico de CBIR visualiza a imagem consultada e as imagens do banco de dados como uma coleção de características e ordena a relevância entre a imagem consultada e alguns objetivos que se deseja atingir em proporção com as medidas de similaridade calculada de características. Neste sentido, essas características, ou assinaturas, caracterizam o conteúdo das imagens.

A idéia da CBIR está centralizada no conceito de similaridade de imagens, ou seja, atribuindo uma imagem de entrada, o sistema traz um conjunto de imagens mais similares à imagem informada, com base em descritores. Os descritores são definidos como vetores de características e estas características são extraídas das próprias imagens, através dos chamados extratores. A similaridade pode ser calculada medindo-se a distância entre os vetores de características. Na Figura 5.1 é apresentada a arquitetura de um sistema de recuperação de imagens baseada em conteúdo, porém o sistema deve ser formatado de acordo com a aplicação, ou seja, as características da imagem que serão consideradas dependem da aplicação. A interface permite que o usuário especifique as consultas em imagens baseadas em conteúdo e, depois visualize as imagens similares resultantes.

Segundo Middleton e Millingen (1999), a CBIR concentra vários métodos da área de processamento de imagens e visão computacional, e é considerado por alguns como um subconjunto desta área.

Um processo de CBIR pode ser exemplificado como na situação descrita a seguir. Atualmente, algumas forças policiais estão utilizando sistemas de reconhecimento de face automatizados, de modo que esses sistemas podem ser usados de duas formas. Primeiramente, a imagem da frente da câmera pode ser comparada com um simples banco de dados individual

para verificar sua identificação e, neste caso, somente duas imagens são comparadas; um processo pequeno para o conceito de CBIR. Segundo, poderia ser um conjunto de banco de dados procurando e comparando todas as imagens entre si, isto sim seria um exemplo de CBIR (MIDDLETON; MILLINGEN, 1999).

Figura 5.1 – Arquitetura de um Sistema CBIR

Para Middleton e Millingen (1999), pesquisas e desenvolvimentos em CBIR cobrem uma grande extensão de tópicos e alguns têm em comum uma tendência em processamento de imagem e recuperação da informação, sendo as mais importantes:

- Identificar de modo adequado descritores do conteúdo da imagem;
- Extrair as características de imagens brutas;

- Promover armazenamento compacto para grandes bancos de dados de imagens;
- Comparar consultas e armazenar imagens de maneira que reflita a similaridade humana;
- Acesso em imagens armazenadas por conteúdo;
- Proporcionar interfaces humanas utilizáveis em sistemas CBIR.

Gudivada e Raghavan (1995), citam que sistemas CBIR são requeridos para serem utilizados eficazmente e efetivamente junto a grandes repositórios de imagens, assim o sistema poderá auxiliar o usuário a recuperar imagens baseadas no seu conteúdo. Aplicações no âmbito em que CBIR é a principal atividade são numerosas e distintas, destacando-se:

- Gerenciamento de museus e galerias de arte;
- Projetos de arquitetura e engenharia;
- *Design* de interior;
- Gerenciamento dos recursos da terra;
- Sistemas de informações geográficas;
- Gerenciamento de banco de dados científicos;
- Gerenciamento de marca registrada e direitos autorais;
- Investigações criminais;
- Sistemas de comunicação e armazenamento de imagens.

Segundo Gudivada e Raghavan (1995), as abordagens para CBIR diferem-se nos termos de que características das imagens são extraídas, o nível de abstração manifestado nas características e o grau desejado, independente do domínio. As duas maiores categorias de características são: primitiva e lógica, sendo que na primitiva ou de baixo nível, as características das imagens como objetos centrais e bordas podem ser extraídas automaticamente ou semi-automaticamente. Já as características lógicas são representações abstratas da imagem em vários níveis de detalhes. Algumas características lógicas podem ser

sintetizadas de características primitivas, outras são obtidas somente com um considerável envolvimento humano. Características lógicas denotam o intenso domínio semântico manifestado nas imagens.

As características primitivas são tipicamente derivadas semi-automaticamente, enquanto as características lógicas são extraídas manualmente ou semi-automaticamente; ressaltando que as consultas são processadas usando as duas características.

De acordo com Müller et al. (2004), as características visuais estão classificadas em características primitivas como cor, textura e forma; características lógicas, de forma como identificar objetos mostrados e características abstratas como a significância das cenas representadas.

Uma das grandes dificuldades a ser superada no desenvolvimento de sistemas CBIR é o *gap* semântico entre os atributos automaticamente extraídos pelo sistema (atributos de baixo nível) e os conceitos utilizados na percepção visual humana (consultas de alto-nível) (VAILAYA et al., 2001).

Para Nguyen e Worring (2005), o *gap* semântico é a falta de coincidência entre a informação que pode ser extraída do dado visual e a interpretação desse mesmo dado pelo usuário em uma determinada situação.

Segundo Smeulders et al. (2000), existem basicamente duas formas de se abordar o problema do *gap* semântico. Uma, é tentar decodificar a percepção humana através do uso de mecanismos de avaliação de respostas relevantes, tentando-se definir uma correlação entre a similaridade de imagens baseadas nos atributos computacionais e a similaridade de imagens baseadas na inspeção visual; este processo terá maiores chances de sucesso se forem utilizados grandes volumes de dados, previamente categorizados dentro de domínios específicos de conhecimento. A segunda forma de abordar o problema é tentar agrupar as imagens em categorias significantes.

Para Vailaya et al. (2001), é reconhecido que uma categorização das imagens melhora substancialmente o desempenho do sistema CBIR, através da filtragem de classes irrelevantes. Neste contexto, o problema principal é que somente atributos de baixo nível podem ser realmente extraídos das imagens e o desafio, então, consiste em agrupar as imagens segundo um significado semântico a partir dos atributos visuais. Assim, uma maneira de abordar este problema é utilizar um sistema de indexação hierárquica, definindo-se para cada nível um domínio de conhecimento mais específico e partindo do uso de atributos mais genéricos para atributos mais domínio-dependentes, reduzindo-se desta forma, o *gap* semântico.

5.1 EXTRAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM

A maioria dos sistemas CBIR utiliza características primárias para descrever elementos relevantes da imagem e proporcionar a recuperação baseada em conteúdo, como já discutido, as características primitivas são derivadas de três elementos fundamentais da imagem: cor, textura e forma.

5.1.1 COR

Uma imagem pode ser representada em níveis de cinza em um espaço de uma dimensão, ou colorida em um sistema de coordenadas tridimensionais. O descritor de cor é muito poderoso, pois simplifica a identificação de um determinado objeto e a extração de uma cena. As imagens médicas são geradas em escala de níveis de cinza ou pseudocores, por isso nessa seção será enfatizado apenas o histograma de cor em níveis de cinza.

O histograma de cor ou em níveis de cinza calcula e apresenta o número de *pixels* de uma imagem para cada cor ou nível de cinza. Os histogramas são invariantes à translação e rotação das imagens, ou seja, não indicam a localização espacial dos *pixels* na imagem.

Muitas operações podem ser realizadas nos histogramas para melhorar a definição da imagem como, por exemplo, a equalização de histograma. Porém, é importante ressaltar que

não é possível reconhecer uma imagem utilizando apenas o histograma de cor ou níveis de cinza, pois duas ou mais imagens diferentes podem ter histogramas similares.

É possível comparar dois histogramas através do somatório de diferenças absolutas ou quadráticas sobre o número de *pixels* de cada cor, sendo um esquema bem simples e tolerante as pequenas alterações na imagem. Portanto, é natural que os histogramas de cores venham sendo estudados e implementados em sistemas de recuperação de imagens baseada em conteúdo, tanto acadêmicos, quanto comerciais. Segundo Pass, Zabih e Miller (1996) a popularidade do uso de histogramas de cores em sistemas de recuperação de imagens baseada em conteúdo se deve principalmente a três fatores:

- O cálculo de histogramas de cores é computacionalmente simples e barato;
- Pequenas alterações de movimentação na imagem pouco afetam os histogramas;
- Objetos distintos freqüentemente possuem histogramas diferentes.

Existem alguns problemas a serem considerados no uso de histogramas:

- Seu caráter ambíguo: apenas o uso de histograma de cores das imagens não é suficiente para separar ou reconhecer imagens, pois duas ou mais imagens bem diferentes podem ter histogramas semelhantes, ou seja, não há uma correspondência biunívoca entre a imagem e seu histograma, o que leva ao problema de ambigüidade, e à necessidade do uso de conjunto de outros métodos. Na Figura 5.2 é demonstrada tal situação, onde as quatro imagens (a), (b), (c) e (d) possuem o mesmo histograma associado, o qual é apresentado em (e)
- Grande número de cores: geralmente o número de cores ou níveis de cinza tem mais de 100 níveis, tornando-se problemático indexar vetores dessa dimensão, pois o histograma para 100 cores distintas pode ser visto como um ponto 100-dimensional, e para valores dessa ordem, a maior parte das estruturas de índices espaciais colapsa.

Figura 5.2 – Mesmo histograma de cores (dois níveis de cinza) associado a quatro imagens distintas

5.1.2 TEXTURA

O descritor de textura fornece medidas de propriedades como suavidade, rugosidade e regularidade (Figura 5.3). Textura provê informações importantes para segmentação das imagens em objetos ou regiões distintas, como também para classificação ou reconhecimento de materiais de superfície. Mas, devido à diversidade de texturas naturais e artificiais, não existe uma definição formal para textura (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Existem três abordagens principais para a descrição de textura: a estática, estrutural e espectral. As abordagens estáticas caracterizam a textura das imagens como suave, áspera, granular, entre outras. As abordagens estruturais tratam de arranjos de primitivas de imagem, como linhas paralelas regularmente espaçadas. As técnicas espectrais utilizam a frequência da imagem para classificar a textura (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Segundo Gonzalez e Woods (2000), as abordagens estáticas são utilizadas em texturas pequenas e não muito regulares. As medidas de contraste, anti-simetria, achatamento ou planaridade e outros, são calculadas através de momentos do histograma de níveis de cinza de uma imagem ou de uma região. Estas medidas calculadas através do histograma não possuem informações relativas à posição dos *pixels*. Para obter a informação de posição dos *pixels* e a

distribuição de intensidade na análise de textura utiliza-se a chamada matriz de co-ocorrência de níveis de cinza. Através desta matriz é possível analisar os seguintes descritores: probabilidade máxima, momento de diferença de elementos de ordem k , momento inverso de diferença de elementos de ordem k , entropia e uniformidade.

As abordagens estruturais definem elementos de textura de uma imagem, determinando seus formatos e impondo regras de posicionamento. Estas regras estabelecem o relacionamento de vizinhança, a densidade e a regularidade dos elementos de textura (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Nas abordagens espectrais, utiliza-se a análise de frequência da imagem para classificar a textura, sendo que o espectro de Fourier é bastante utilizado nessa abordagem; assim, esse espectro é idealmente adaptado para a descrição de padrões periódicos ou quase periódicos em uma imagem (GONZALEZ; WOODS, 2000).

(a)

(b)

(c)

Figura 5.3 – Exemplos de textura (a) suave, (b) áspera, (c) regular
Fonte: GONZALEZ, R.C.; WOODS, R. E (2000, p. 362)

Para Müller et al. (2004), algumas das medidas mais comuns para capturar a textura de imagens são *Wavelets* e filtros *Gabor*, sendo que os filtros *Gabor* parecem ter uma melhor performance e correspondem as propriedades do córtex visual humano para detecção de borda. Outros descritores populares de textura contêm características derivadas de matriz de co-ocorrência, características baseadas nos fatores da transformada de Fourier.

Ambas características de cor e textura podem ser usadas sobre um nível de imagem global ou local em partes da imagem. Um método de usar características de região de forma fácil é utilizar blocos de tamanho fixo e localizado, chamados particionamento da imagem para extração de característica local. Estes blocos não contam semântica alguma para a própria imagem (MÜLLER et al., 2004).

Quando permitido, o usuário escolhe regiões da imagem (regiões de interesse – ROI) para delinear objetos na imagem ou quando segmenta a imagem em áreas com propriedades similares, as características extraídas localmente contêm mais informações sobre objetos da imagem ou estruturas fundamentais (MÜLLER et al., 2004).

5.1.3 FORMA

Diferentemente de textura, forma é um conceito muito bem definido, é a evidência considerável de que os objetos naturais são reconhecidos na imagem. Contudo, a recuperação de imagens baseada em forma é uma tarefa árdua, pois é necessário segmentar e conhecer o tamanho dos objetos contidos na imagem.

Para encontrar a borda dos objetos em uma imagem, deve-se realizar um pré-processamento na mesma e esta etapa depende fortemente da aplicação, ou seja, os algoritmos devem ser adaptados de acordo com o domínio dos objetos. Por exemplo, o modo de se obter a forma de um carro é diferente do modo de se obter a forma de uma folha. Após encontrar a borda, deve-se aplicar uma outra etapa para obter o contorno (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Segundo Gonzalez e Woods (2000), a análise de forma é baseada no contorno dos objetos, sendo que os principais atributos para a análise de forma são área e perímetro, coeficiente de compacidade e deficiência convexa.

5.2 MEDIDAS DE SIMILARIDADE

Para encontrar imagens mais similares em um sistema CBIR, escolhida uma imagem de consulta, é preciso avaliar a melhor função de distância para o cálculo de similaridade entre os vetores de características das imagens.

Müller et al. (2004) enfatizam que basicamente todo sistema tem a hipótese de equivalência de uma imagem e a representação característica no espaço. Estes sistemas, muitas vezes, utilizam sistemas de medidas como a tradicional Euclidiana para medir as distâncias entre uma imagem consultada (representada por suas características) e a possibilidade de representação de todas as imagens com vetores de n-dimensões. Várias outras medidas de distância existem para vetores do modelo espacial, tais como distância *city-block*, distância *Mahalanobis* ou uma simples intersecção de histograma.

Como a função de distância é utilizada de acordo com os vetores de características, pode haver a necessidade de uma ou mais funções de distância, que estarão associadas a um conjunto específico de imagens, das quais foram obtidos os vetores de características.

Para Wilson e Martinez (1997), considerando x , y e z objetos a serem comparados, uma função de distância atende às seguintes propriedades:

- simetria: $d(x,y) = d(y,x)$;
- não negatividade: $0 \leq d(x,y) < \infty$, $d = 0$ se, e somente se, $x = 0$;
- desigualdade triangular: $d(x,y) \leq d(y,z) + d(x,z)$.

Wilson e Martinez (1997), assinalam que as funções de distância mais comuns são:

Euclidiana ou $D^{(2)}$, a distância Euclidiana é apresentada na equação (1), sendo que esta é a medida de similaridade mais utilizada.

$$D^{(2)}(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^d (x[i] - y[i])^2} \quad (1)$$

Chebychev ou $D^{(\infty)}$, a distância *Chebychev* apresentada na equação (2), possui um menor custo computacional em relação à distância Euclidiana.

$$D^{(\infty)}(x, y) = \max_{i=1}^d |x[i] - y[i]| \quad (2)$$

Manhattan ou $D^{(1)}$, a distância *Manhattan* ou distância *city block*, equação (3), possui um menor custo computacional que a distância Euclidiana.

$$D^{(1)}(x, y) = \sum_{i=1}^d |x[i] - y[i]| \quad (3)$$

Minkowsky ou $D^{(p)}$, *Minkowsky* é uma família de distâncias parametrizada pelo p , equação (4). As medidas mais utilizadas são o $p = 2$, $p = \infty$ e $p = 1$.

$$D^{(p)}(x, y) = \left[\sum_{i=1}^d |x[i] - y[i]|^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (4)$$

Weighted Minkowsky, esta medida também é uma família de distâncias parametrizadas pelo p e por pesos positivos W_i , equação (5). Quando o $p = 2$, esta função também é chamada *Weighted Euclidean*.

$$D_{\frac{(p)}{w}}(x, y) = \left[\sum_{i=1}^d w_i |x[i] - y[i]|^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (5)$$

Coeficiente de Correlação, esta medida é invariante com respeito à rotação no espaço de procura, equação (6). O Coeficiente de Correlação não é uma distância e sim um coeficiente utilizado em estatística para caracterizar o comportamento de pares de variáveis randômicas.

$$p(x, y) = \left[\frac{\sum_{i=1}^d (x[i] - \bar{x}[i])(y[i] - \bar{y}[i])}{\sqrt{\sum_{i=1}^d (x[i] - \bar{x}[i])^2 \sum_{i=1}^d (y[i] - \bar{y}[i])^2}} \right]$$

onde $\bar{x} = [\bar{x}[1], \dots, \bar{x}[d]]$ é a média de todos os vetores na base de dados

(6)

5.3 TIPOS DE CONSULTAS POR SIMILARIDADE

As consultas em recuperação por conteúdo são baseadas em similaridade, utilizando funções de distância para o cálculo. Os principais tipos de consultas são: por raio de abrangência (*range query*) e aos k vizinhos mais próximos (*k-nearest neighbor query*).

5.3.1 CONSULTA POR RAIO DE ABRANGÊNCIA (*RANGE QUERY – RQ*)

Esta consulta recupera os objetos que se encontram a uma distância menor ou igual a r , a partir do objeto de referência O . Assim, para este tipo de consulta são fornecidos um objeto de referência O e um raio de cobertura r . O conjunto resposta R_{rq} inclui todos os elementos de S da base que se encontram a uma distância menor ou igual a r do elemento O , ou seja:

$$R_{rq} = \{ S \mid d(S, O) \leq r \}$$

Ressalta-se que, dependendo da implementação, o elemento de busca também pode estar contido no conjunto resposta.

5.3.2 CONSULTA AOS K VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS (*K-NEAREST NEIGHBOR QUERY – KNNQ*)

Esta consulta recupera os k objetos mais próximos ao objeto de referência O . Neste tipo de consulta são fornecidos um objeto de referência O e um número inteiro k referente ao número de elementos mais próximos do elemento O que se deseja obter como conjunto resposta R_{kNN} . Explicitamente, tem-se:

$$R_{kNN} = \{ S \mid \forall P \in \{ \Omega - R_{kNN} \}, d(O, S) \leq d(O, P), |R_{kNN}| = K \}$$

Ressalta-se que dependendo da implementação, o elemento de busca O também pode fazer parte do conjunto resposta, sendo computado como um dos k elementos.

5.4 SISTEMAS CBIR COMERCIAIS E ACADÊMICOS

A maioria dos sistemas CBIR disponíveis é acadêmica, sendo que os mais conhecidos ou citados são *Candid* (KELLY; CANNON; HUSH, 1995), *Photobook* (PENTLAND; PICARD; SCLAROFF, 1996) e *Netra* (MA; DENG; MANJUNATH, 1997), que utilizam características de cor e textura para descrever o conteúdo da imagem. Usando alto nível de informação, como partes segmentadas da imagem de consulta foram introduzidos pelo sistema *Blobworld* (CARSON et al, 1999), *PicHunter* (COX et al., 1996); que auxilia o usuário a encontrar uma imagem exata em um banco de dados, e o *GNU Image Finding Tool* (GIFT) que é um sistema *free*. Outros sistemas também disponíveis são o *Viper*, o *WIPE* ou *Compass*, o *VisualSeek* e o *MARS* (MÜLLER et al., 2004).

Porém, para Müller et al. (2004), o sistema de CBIR comercial mais conhecido é o QBIC (*Query By Image Content*). Outro sistema comercial para recuperação de imagem e vídeo é o *Virage* que também é bastante conhecido e utilizado por clientes como a CNN (*Clinton News Network*).

O sistema QBIC (*Query By Image Content*) foi desenvolvido no Centro de pesquisas Almaden IBM. Ele executa consultas baseadas em imagens exemplos, sendo que a recuperação das imagens é baseada em características de cor, textura e forma. O sistema possui três etapas principais: armazenar imagens exemplos dentro do sistema, podendo também acrescentar textos e palavras chave; calcular as características da imagem e armazená-las; além de processar a consulta (SOUZA, 1999).

No processo de indexação, a principal etapa é a identificação dos objetos. Alguns métodos vêm sendo desenvolvidos pelo QBIC para tal finalidade, como o método de segmentação automática. Após a identificação dos objetos é feito o cálculo das características de cada objeto. As características de forma empregadas são a área, circularidade e

excentricidade. As características de textura são espessura, direcionalidade e contraste. E por fim, é utilizado o histograma de cor (SOUZA, 1999).

A medida de similaridade utiliza a função de distância *Weighted Euclidean* para características de forma e textura. Para calcular a similaridade entre características de cor, utiliza-se a distância *average color* ($d_{avg}^2(x,y) = (x_{avg} - y_{avg})^t (x_{avg} - y_{avg})$) e a distância quadrática entre os histogramas ($d_{hist}^2(x,y) = (x - y)^t A(x - y)$), onde A é a matriz simétrica dada por $a_{ij} = 1 - d_{ij} / d_{max}$, onde d_{ij} é a distância euclidiana entre as cores i e j no espaço RGB e $d_{max} = \max_{ij}(d_{ij})$ (SOUZA, 1999).

O *Blobworld* foi desenvolvido pela Universidade da Califórnia, nos EUA. Ele é uma ferramenta baseada em segmentação de regiões, onde propriedades destas regiões, como cor (histograma), textura (contraste) e forma (área, excentricidade e orientação), são utilizadas nas consultas. Para realizar a consulta, a partir de uma imagem, o usuário seleciona uma ou mais regiões (*blobs*), e para cada região ele indica a importância (pouco ou muito). Depois, o usuário indica a importância (não, pouco ou muito) das características dos *blobs*, como cor, textura, localização e forma (CARSON et al., 1999).

Para calcular a distância entre duas imagens, o *Blobworld* calcula a distância quadrática dos histogramas das imagens, a distância euclidiana dos descritores de textura e as distâncias euclidianas das coordenadas na representação do espaço e dos centróides das regiões. Estas distâncias são combinadas e resultam em uma única distância.

O *VisualSEEK*, por sua vez, foi desenvolvido pela Universidade de Columbia, nos EUA. É um sistema híbrido que integra propriedades visuais e espaciais (como tamanho, localização e relações com outras regiões). Primeiramente, ao inserir as imagens no banco de dados, elas são decompostas em regiões de cores igualmente dominantes. Para cada região são retiradas características visuais e espaciais, pois estas informações são utilizadas nas consultas. Para realizar a consulta, o usuário define algumas regiões (posições e dimensões),

uma cor para cada região e limites para localização e relações espaciais entre as regiões. O sistema, então, retorna as imagens mais similares por estas características.

Para encontrar imagens similares a uma única região, distâncias de conjunto de cor, localização, área e espaço são realizadas separadamente e depois é realizada uma média ponderada destas medidas. O resultado da consulta é exibido em ordem de similaridade, e a distância é exibida juntamente com a imagem (SOUZA, 1999).

O *Virage* é um sistema comercial para indexação e recuperação de imagens. Nele a indexação é realizada após diversas operações de pré-processamento, tal como, suavização e realce de contrastes. Cada rotina de extração primitiva toma uma imagem pré-processada e, dependendo das propriedades da imagem, calcula um conjunto específico de dados para aquela primitiva. Um vetor com os dados primitivos computados é armazenado em uma estrutura de dados própria. No *Virage* a detecção das características é feita por vários métodos propostos na literatura corrente. Todas as características da imagem calculadas são denominadas primitivas. Os usuários são capazes de buscar imagens com as seguintes primitivas: cor (a impressão de cor geral da imagem), composição (o arranjo espacial das regiões de cor na cena), textura (os padrões ou texturas de uma imagem) e estrutura (as características de formas gerais dos objetos na imagem).

A tecnologia do *Virage* é construída em torno de um módulo principal intitulado Engenho *Virage* e opera para um nível do objeto da imagem do modelo *Virage*. Existem três partes funcionais principais do engenho: análise da imagem, comparação das imagens e gerenciamento (SOUZA, 1999).

5.5 SISTEMAS CBIR NA ÁREA MÉDICA

Segundo Müller et al. (2004), o número de imagens digitais na área médica vem crescendo maciçamente como, por exemplo, no Departamento de Radiologia do Hospital

Universitário de Geneve (Suíça), onde o número de imagens produzidas por dia em 2002, foi de 12.000 e continua crescendo. Vídeos e imagens produzidos em cardiologia são igualmente multiplicados e vídeos de endoscopia prometem ser outro dado que ocupará significativo espaço no servidor de imagem. O gerenciamento e acesso a esses grandes repositórios de imagens tornam-se altamente complexos.

Imagens Médicas têm sido freqüentemente usadas em sistemas de recuperação e o domínio médico é freqüentemente citado como um dos principais domínios para aplicação de tecnologias de acesso baseada em conteúdo.

Técnicas de suporte à decisão clínica, como explicação baseada em casos ou medicina baseada em evidências podem resultar em uma poderosa ferramenta auxiliando na recuperação de imagens que tende a ser valiosa para certos diagnósticos. Sistemas de apoio à decisão em radiologia e sistema de auxílio ao diagnóstico radiológico têm sido demonstrados nos encontros anuais da Sociedade Norte Americana de Radiologia.

Para Müller et al. (2004), a inclusão de características visuais nos estudos das imagens é outro ponto interessante para alguns domínios de pesquisas médicas, pois características visuais não permitem apenas a recuperação de casos de pacientes que tenham diagnósticos similares, mas também, casos que tenham similaridade entre as imagens, mas com diagnóstico diferente.

Conforme Lehmann (2005), a maioria das pesquisas em CBIR na área médica está focada no conteúdo particular de uma imagem como modalidade, região do corpo ou patologia e, conseqüentemente, a caracterização de imagens médicas é importante para sistemas CBIR médicos, porém essa caracterização não deve ficar restrita a um contexto específico.

Cai, Feng e Fulton (2000) descrevem um sistema de recuperação de imagens baseada em conteúdo para um banco de dados de imagens funcionais e dinâmicas de PET (*Positron*

Emission Tomography); sendo a proposta do sistema de recuperação de imagens funcionais não somente o de auxiliar eficientemente a recuperação baseada em conteúdo de características fisiológicas dinâmicas, mas também reduzir o tamanho da imagem armazenada.

O protótipo do sistema de banco de dados para recuperação de imagem funcional baseada em conteúdo (FICBDS) foi desenvolvido em uma estação de trabalho SUN Ultra-2 rodando o sistema operacional Solaris 2.5 usando IDL e a linguagem de programação C. O protótipo do sistema (Figura 5.4) é composto de mecanismo para processamento de imagens funcionais, banco de dados, sistema de armazenamento de imagens dinâmicas e uma interface gráfica para o usuário; conjunto este que forma os componentes chave do projeto (CAI; FENG; FULTON, 2000).

Figura 5.4 – Arquitetura do protótipo para recuperação baseada em conteúdo de imagens dinâmicas
Fonte: CAI, W.; FENG, D; FULTON, R. (2000, p. 155)

A função do mecanismo para processamento de imagens funcionais é baseada em sistemas de processamento de imagens funcionais (FIPS) com um conjunto de ferramentas especiais para processamento de imagem, sendo utilizado para manipular e processar as

imagens dinâmicas. O FICBDS gerencia as imagens funcionais em dois níveis, através do modelo de dados e através do suporte à recuperação da informação pelo conteúdo da imagem. O sistema de armazenamento de imagens dinâmicas determinará que as imagens funcionais dinâmicas sejam armazenadas em planos utilizando técnicas de compressão de imagens dinâmicas. A interface gráfica do usuário permite a entrada de consulta através de janelas, sendo que o usuário pode consultar por características, por atividades de concentração, por atributos textuais ou por seleção de modelo; que é a combinação dos três métodos de consulta. Os autores concluem que o sistema de recuperação de imagens baseada em conteúdo para imagens funcionais e dinâmicas de PET suportou um grande conjunto de dados *on-line* de pacientes e recuperou rapidamente a seqüência de imagens funcionais dinâmicas para interpretação e geração de imagens patológicas paramétricas, mostrando vantagens potenciais para o gerenciamento de imagens médicas e telemedicina.

Em seu trabalho Azevedo-Marques et al. (2002) utilizaram uma abordagem mista, com extração de características das imagens para a definição de seu conteúdo e o uso de uma imagem-exemplo como forma de reforçar o significado da informação a ser procurada no banco, sendo que o conceito que possibilita a definição de operadores envolvendo imagens na base de dados é a constante imagem. A constante imagem é uma imagem qualquer, indicada como padrão para as operações a serem formuladas sobre outras imagens do banco, ou seja, a imagem pode ser indicada ao sistema como um padrão de comparação com outras, obtidas a partir do mesmo tipo de exame. Para que isso seja possível, os elementos gráficos extraídos das imagens são tratados pelos sumarizadores, que representam o conjunto de operações válidas para o grupo de imagens, cujo resultado é utilizado como elemento para realizar comparações entre estas. Cada operação representada pelo sumariador pode retornar diversos valores. Estes elementos descrevem o sumariador em seu aspecto estrutural através do conjunto de informações que este extrai das imagens. Pode-se, então, definir um intervalo de

valores indicado como significativo para a caracterização da imagem, o qual é denominado de limite de aceitação.

O sistema desenvolvido trabalha em plataforma *Windows (Microsoft)* e utiliza o *framework Delphi (Borland)* para a construção da interface com o usuário. As imagens, juntamente com as demais informações não textuais, foram armazenadas no banco de dados relacional *Oracle 8i (Oracle Corporation)*. O banco de imagens utilizado para os testes foi composto por 100 casos de lesões de mama contendo agrupamentos de microcalcificações associados (50 lesões benignas e 50 malignas); todas confirmadas por biópsia. As mamografias (uma por caso) foram digitalizadas em um digitalizador Umax-MirageII (*Umax Technologies Inc.*), com resolução espacial de 600 pontos por polegada (tamanho de *pixel* igual a 0,042 mm) e 256 níveis de cinza (8 *bits*). As ROIs (uma por mamografia) contendo os agrupamentos foram identificadas por médicos especialistas do HCFMRP e segmentadas. As imagens contendo as ROIs foram utilizadas para a caracterização das mamografias. As imagens foram agrupadas segundo valores de atributos de textura, obtidos das matrizes de co-ocorrência de níveis de cinza em orientações iguais a 0°, 45°, 90° e 135° e distância entre a vizinhança igual a 1 *pixel*. A extração de atributos de textura das ROI consiste, então, no tipo de sumariizador definido para essa aplicação e os valores resultantes de sua aplicação sobre as imagens são definidos como variáveis descritoras. Assim, quando da inserção de um novo exame no banco de dados, as características que descrevem o conteúdo da imagem são obtidas a partir da aplicação do sumariizador de textura sobre a ROI e armazenadas juntamente com a imagem. Essas informações são a chave de acesso às imagens, sendo utilizadas na formulação de consultas baseadas na descrição do conteúdo (AZEVEDO-MARQUES et al., 2002).

Para a avaliação da precisão do sistema implementado foi utilizado o método de avaliação conhecido como *leave-one-out*, em que uma amostra, por vez, é retirada do banco e utilizada como referência para a consulta, sendo este processo repetido até que todas as

amostras tenham sido utilizadas como referência. Para cada consulta realizada, a similaridade entre a imagem de referência e as imagens recuperadas foi avaliada através de inspeção visual por um radiologista experiente do Serviço de Radiodiagnóstico do HCFMRP, o qual atribuiu uma nota entre 1 (completamente diferente), 2 (parcialmente diferente), 3 (semelhante), 4 (parcialmente idêntico) e 5 (completamente idêntico) para cada par de imagens avaliado. A precisão do sistema foi calculada como sendo a fração de imagens recuperadas consideradas relevantes para a consulta, isto é, o número de imagens recuperadas consideradas relevantes dividido pelo número total de imagens recuperadas por consulta. Foram consideradas relevantes as imagens que tiveram nota de similaridade igual ou maior do que 3, em relação à imagem de referência (AZEVEDO-MARQUES et al., 2002).

Ainda Azevedo-Marques et al. (2002), concluem que para as informações utilizadas na caracterização da textura das imagens, o sistema apresentou-se satisfatoriamente preciso, com base na comparação visual entre as imagens de referência e as imagens recuperadas. A partir dos resultados iniciais pode-se considerar que o sistema possui potencial como ferramenta de auxílio ao trabalho do radiologista, especialmente por permitir a formulação de consultas baseadas na descrição do conteúdo gráfico da imagem. Além disso, a estrutura implementada é flexível à incorporação e definição de novas técnicas para a descrição das imagens, permitindo a inclusão de novos sumarizadores, o que pode otimizar o processo de consulta ao banco.

O SRIS-HC é uma ferramenta de apoio ao diagnóstico que permite a recuperação de imagens baseada em conteúdo, o sistema foi desenvolvido utilizando-se o *framework C++ Builder 5* com o Sistema Gerenciador de Banco de Dados *Oracle 8i*. O desenvolvimento do SRIS-HC consistiu das seguintes etapas: análise do conjunto de imagens adotado como base e extensão da biblioteca utilizada; armazenamento das imagens no servidor de banco de dados *Oracle 8i*; desenvolvimento de um módulo de consulta de exames dos pacientes, associados

aos respectivos laudos e as imagens pertinentes aos exames; desenvolvimento de um módulo de manutenção que permite criar a *Slim-tree* (TRAINA JR et. al., 2000) e o desenvolvimento do módulo de pesquisa por imagens similares (ROSA et al., 2002).

Segundo os autores, duas técnicas de extração de características de imagens foram adotadas no SRIS-HC: o histograma tradicional e o histograma métrico (TRAINA et. al., 2002); uma nova característica construída sobre os histogramas de intensidade tradicionais de imagens. O histograma métrico é invariante às transformações de escala e brilho das imagens, sendo pelo menos seis vezes mais compacto que os histogramas tradicionais demandando menos espaço de armazenamento e fornecendo acesso mais rápido. Os histogramas métricos são uma nova técnica para capturar características de brilho das imagens, permitindo um acesso mais rápido às imagens baseado em conteúdo. A árvore métrica utilizada no desenvolvimento foi a *Slim-tree*, que é um novo Método de Acesso Métrico (MAM) dinâmico, pois permite inserções posteriores à criação da estrutura, além de ser uma árvore balanceada que cresce de baixo para cima, das folhas para a raiz. O núcleo do SRIS-HC é o que permite fazer consultas por similaridades, tanto por *range queries* quanto por *k-Nearest Neighbor queries*, e recuperar as imagens semelhantes à imagem de referência selecionada. Os autores concluem que a integração do sistema SRIS-HC junto ao sistema de informação em radiologia permite que os médicos avaliem e comparem diagnósticos anteriores com os casos em estudo, podendo proporcionar uma melhora no diagnóstico.

Outro sistema é o sistema *Image Reference Databases* (IRDB), que incorpora indexação de imagens médicas baseadas em análise de componente principal e foi avaliado em recuperação de imagens de ressonância magnética de cérebro. A idéia por trás da análise de componente principal é a de encontrar uma representação mais apropriada para os vetores de imagens, com o objetivo de reduzir o espaço de dimensionalidade para representar a imagem (SINHA; KANGARLOO, 2002).

Zheng et al. (2003) apresentam o modelo de um sistema de recuperação baseada em conteúdo empregando a arquitetura cliente/servidor para acessar um supercomputador através das estações de trabalho dos médicos. O sistema recupera imagens e suas anotações associadas de um banco de dados de imagens patológicas microscópicas baseada no conteúdo de similaridade. A similaridade é avaliada por quatro tipos de características: histograma de cor, textura da imagem, coeficiente de Fourier e coeficientes *Wavelet*, usando o vetor de pontos como uma métrica de distância. Nesse estudo as imagens usadas foram capturadas de uma única estação de captura com o melhor ajuste e, as imagens foram diagnosticadas de acordo com o consenso de três patologistas da Universidade do Centro Médico de *Pittsburgh*. Os comentários resumidos foram gravados em um arquivo de anotações separado para cada imagem que podem ser recuperados do banco de dados de imagem. O sistema foi testado com o cliente utilizando *Sun's Ultra Spare*, *SGI Indy* e PC rodando *Windows 9x/NT 4.0* e *Linux* com diferente velocidade de conexão de *Internet*, sendo que a performance divergiu-se somente pela velocidade da conexão da rede.

Segundo os autores, a precisão da recuperação varia dependendo das categorias patológicas sobre o número de exemplos disponíveis no treinamento e a efetividade do conjunto de características. A medida de distância do algoritmo de procura foi validada pela análise de grupos aglomerados. Os resultados mostram uma correlação entre significância patológica e o valor de distância da imagem gerado pelo algoritmo computacional, sendo que esta correlação corresponde com a similaridade visual observada. Este método de validação tem uma vantagem sobre a avaliação dos métodos estatísticos tradicionais quando o tamanho da amostra é pequeno e o domínio de conhecimento é importante (ZHENG et al., 2003).

Lehmann et al. (2004) apresentam uma aproximação de recuperação de imagens baseada em conteúdo em aplicações médicas (IRMA) com foco particular em camadas semânticas de modelos de informação. O sistema IRMA suporta desenvolvimento modular de

algoritmos de recuperação arbitrária. A modularização facilmente disponibiliza a verificação de etapas isoladas de processamento e permite a reutilização de programas em vários experimentos e aplicações. Todos os modos de características (global, local, árvores *blobs*) são uniformemente acessíveis, o que resulta num modelo de características gerais e flexíveis para IRMA. Este inclui uma definição direta de um conjunto de imagens. O sistema suporta transferência automática de novos e atualizados componentes de processamento nos algoritmos de recuperação avaliados pelos médicos.

O sistema foi implementado combinando um banco de dados central com um sistema de arquitetura distribuída apropriada para grandes bancos de dados como de um PACS. O sistema IRMA suporta rápida prototipação e integração com novos métodos de análise de imagens, além de ser usado para responder consultas primitivas em nível de categoria de imagem. Entretanto, estes experimentos já promovem a validação e aplicação do conceito de IRMA. Os autores concluem que o IRMA estreita o *gap* entre o cunho semântico de uma imagem e algumas descrições alfanuméricas que são constantemente incompletos (LEHMANN et al., 2004).

Kinoshita et al. (2004) apresentam atributos visuais de forma, espectrais no domínio de Radon e Granulometria para recuperação baseada em conteúdo de imagens mamográficas. A segmentação da região da mama foi realizada através de técnicas de limiarização. A detecção da região do músculo peitoral e da posição do mamilo foi realizada com a transformada de Radon e os atributos extraídos das imagens pertencem aos grupos de textura e forma. Os atributos de forma utilizaram a imagem com região da mama binarizada e os atributos de medida de granulometria e no domínio de Radon utilizaram a imagem em nível de cinza. A abordagem proposta para a recuperação de imagens utilizou-se de uma Rede de Mapas Auto-Organizáveis de Kohonen. Os autores relatam que a menor taxa de precisão obtida foi de 81.81% e o coeficiente de correlação médio de 0.838; assim concluem que os

resultados indicaram relevância dos atributos investigados para a recuperação baseada em conteúdo de imagens mamográficas (KINOSHITA et al., 2004).

Lehmann et al. (2005) apresentam em seu trabalho como exemplo de recuperação de imagem médica baseada em conteúdo, o sistema WebMIRS que combina recuperação baseada em texto, que são os metadados armazenados no banco de dados com a recuperação baseada em conteúdo de raios-X da coluna cervical ou lombar. As imagens são segmentadas, sendo que os segmentos anatômicos são rotulados pelo nome da estrutura e por último essas regiões são classificadas de acordo com a patologia ou características semânticas do alto nível de interesse. Um alto grau de conhecimento, a priori, sobre a estrutura das imagens é usado para os passos de pré-processamento.

Siadat et al. (2005) relatam o desenvolvimento e a implementação de um sistema de banco de dados de imagens de cérebro de várias modalidades com gerenciamento e recuperação de imagens baseada por conteúdo para epilepsia (HBIDS). O sistema consiste de vários módulos incluindo banco de dados, identificação e localização de estruturas cerebrais, segmentação, registro, extração de características visuais, *clustering*/classificação e módulos de consulta. O sistema desenvolvido localiza e referencia anatomicamente estruturas cerebrais identificadas. O banco de dados armazena imagens ponderadas em T1, T2 e *Flair MRI* e imagens *ictal/interictal* de SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*) com dados clínicos associados. Os extratores de características visuais foram limitados em algumas estruturas anatômicas para sustentar semanticamente um suntuoso método baseado em conteúdo. O sistema proposto serve como uma ferramenta de consulta para avaliar um vasto número de hipóteses considerando condições como ressecção do hipocampo com um volume relativamente pequeno e sinal com intensidade média alta em *flair*.

Os autores concluem que os experimentos realizados apresentaram uma correspondência muito boa entre os polígonos iniciais e modelos finais segmentados. O

sistema elaborado mostrou-se eficiente para analisar imagens com imagens de outras modalidades para estudos individuais ou em grupo. Contudo, o HBIDS é focado em epilepsia, mas poderá ser adotado em aplicações médicas similares. O sistema auxiliará na seleção de pacientes que são candidatos à cirurgia de epilepsia, isso é possível por aproximação multivariante, fundamento baseado na importância da cirurgia e nas condições do paciente candidato (SIADAT, et al., 2005).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são descritos os principais métodos e equipamentos empregados na realização do trabalho, destacando-se os três componentes principais relacionados com o objetivo do estudo, compreendendo modelagem da arquitetura de um sistema de gerenciamento de imagens médicas com suporte para recuperação de imagens baseada em conteúdo (PACS-CBIR); implementação e implantação do servidor de imagens e do sistema para recuperação das imagens e informações associadas através de dados textuais (PACS); e implementação do sistema de recuperação de imagens baseada em conteúdo.

6.1 ARQUITETURA DO PACS-CBIR

Um PACS com suporte à recuperação de imagens baseada em conteúdo consiste de um sistema que contempla a conexão com as modalidades de imagens, visualização, armazenamento, recuperação das imagens e laudos através de informações alfanuméricas ou textuais e a recuperação dos exames através de busca por similaridade das características das imagens.

Como visto nos capítulos anteriores, hoje o grande desafio da informática em saúde é o desenvolvimento de ferramentas para analisar o conteúdo das imagens médicas e a descrição de métodos que possam ser eficientemente pesquisados e comparados pelos médicos. Nesse sentido, a arquitetura proposta foi modelada considerando os sistemas e o fluxo de trabalho do HCFMRP. Porém, acredita-se que ela possa ser facilmente adaptada para qualquer PACS que já esteja em funcionamento, adicionando-se apenas o módulo CBIR.

A estrutura consiste de um servidor de imagens, das modalidades de imagens médicas, do banco de dados do RIS, do servidor de extração das características e banco de dados CBIR, da interface de consulta/recuperação por dados textuais, da interface de consulta/recuperação

por conteúdo e da interface de visualização das imagens (visualizador DICOM). Na Figura 6.1 é ilustrada a arquitetura proposta.

Figura 6.1 – Arquitetura proposta para um PACS-CBIR

O servidor de imagens é responsável pelo gerenciamento e armazenamento das imagens das diversas modalidades que possuem interface e conformidade DICOM, sendo que as imagens são armazenadas em diretórios e as informações essenciais que permitem a vinculação das imagens com seus laudos são extraídas dos arquivos de imagens e armazenadas em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados.

As modalidades de imagens são responsáveis pela geração das imagens dos estudos (exames), sendo que após a geração elas são enviadas para o servidor de imagens através do protocolo DICOM.

O banco de dados do RIS tem a função de armazenar e gerenciar os principais dados demográficos dos pacientes e de seus exames radiológicos.

O servidor CBIR é responsável pela extração e armazenamento das características das imagens. Ele possui extratores e indexadores, bem como um Sistema Gerenciador de Banco

de Dados para armazenamento das características das imagens, que permitem a recuperação baseada em conteúdo.

A interface de consulta/recuperação por dados textuais possibilita a recuperação dos exames através de dados alfanuméricos e, nessa arquitetura, esse módulo possui cinco tipos de consultas diferentes. Atualmente, a *Web* possibilita diversas vantagens e comodidades para o usuário, assim optou-se por uma interface que seja executada via *browser*.

A interface de consulta/recuperação por conteúdo possibilita a recuperação dos exames através da similaridade das imagens, sendo também executada via *browser* da mesma forma que a interface de consulta/recuperação por dados textuais.

O visualizador de imagens é um componente fundamental nessa arquitetura, pois ele permite a visualização das imagens e sua manipulação através de ferramentas para ajuste de brilho e contraste. Esse visualizador também é acessado através da *Web*.

Concluindo a arquitetura, o servidor *Web* é responsável pelo gerenciamento das interfaces que executam através da *Web*. O servidor *Web* configurado para essa arquitetura suporta a linguagem de programação PHP e os sistemas gerenciadores de banco de dados *Oracle* e *MySQL*.

6.2 SERVIDOR DE IMAGENS

O servidor de imagens (PACSONe HCFMRP) foi implementado utilizando-se o núcleo da distribuição do *software* PACSONe versão 3.1.8, que é um sistema de comunicação e armazenamento de imagens *free*, desenvolvido por *Xiaohui Li* e distribuído pela empresa *RainbowFish Software*. O PACSONe possui as seguintes características: é um servidor de imagens para armazenamento de longo e curto tempo, que recebe as imagens de fontes externas e promove o armazenamento para posterior recuperação; utiliza o protocolo DICOM como interface para formalizar a conformidade com os clientes; o servidor aceita solicitações

DICOM com o propósito de armazenar as imagens e permitir a consulta e recuperação, sendo que o servidor inicialmente solicita associações DICOM com o propósito de enviar imagens para servidores externos, consultar *application entities* remotas ou imprimir as imagens em impressoras DICOM remotas.

O servidor proporciona o armazenamento, a consulta, recuperação e o gerenciamento das imagens e relatórios em formato DICOM. Possui um serviço que aceita solicitações associadas para aplicações externas. Este emprega uma configuração *thread pool* para solicitar os serviços, sendo que o servidor inicia uma associação DICOM C-STORE para responder para uma outra solicitação C-MOVE de uma aplicação externa.

O sistema possui uma interface amigável para inicialização e configuração do serviço, que após a primeira vez, pode ser inicializado automaticamente como um serviço do sistema operacional. Para inicializar o PACSOne é preciso configurar alguns parâmetros como o nome do servidor PACSOne (*Appication Entity*), o número da porta TCP que o servidor irá escutar (*ServerPortNumber*), o diretório onde os arquivos de transações (*logs*) serão armazenados (*LogFileDirectory*), o diretório padrão para onde as imagens serão enviadas e armazenadas (*DefaultArchiveDirectory*), o nome do banco de dados criado para o servidor (*Database*) e o formato para armazenamento das imagens (*StorageFormat*) (Figura 6.2).

A implementação de todos os sistemas do projeto PACS-CBIR (interface do PACSOne HCFMRP e interfaces de recuperação textual e baseada em conteúdo) segue a estratégia mundial para disponibilizar informações de maneira segura, prática e rápida, através do desenvolvimento de sistemas de informação que utilizam tecnologia *Web*, pois assim, o usuário não precisará ter o programa instalado em sua máquina e poderá acessá-lo de qualquer lugar. Contemplando essa tecnologia, as linguagens HTML e PHP foram utilizadas para a implementação das interfaces. O PHP é uma linguagem que permite criar páginas *Web* dinâmicas, aumentando a interação com o usuário através de formulários, parâmetros da URL

(*Uniform Resource Locator*) e *links*. Desta maneira é possível interagir com banco de dados e aplicações existentes no servidor, com a vantagem de não expor o código fonte para o cliente. Isso é útil quando o sistema está lidando com senhas ou qualquer tipo de informação confidencial.

O código fonte dos programas em PHP fica embutido no próprio HTML, sendo que essa linguagem permite o acesso a banco de dados através da *Web*, e vem do mesmo conceito que o CGI (*Common Gateway Interface*) e o ASP (*Active Server Pages*). Uma das principais características do PHP é o suporte a um grande número de bancos de dados como dBase, Interbase, mSQL, mySQL, Oracle, Sybase, PostgreSQL e vários outros. Também suporta outros serviços através de protocolos como IMAP (*Internet Mail Access Protocol*), SNMP (*Simple Management Network Protocol*), NNTP (*Network News Transfer Protocol*), POP3 (*Post Office Protocol*) e HTTP (*HyperText Transfer Protocol*), e possibilita abrir *sockets* e interagir com outros protocolos.

Figura 6.2 – Interface de inicialização e configuração do servidor

Para usar o PHP como linguagem de programação foi preciso instalar e configurar um servidor *Web* com a finalidade de gerenciar as páginas dinâmicas. O servidor escolhido foi o *software Apache HTTP Server* versão 1.3.33, sendo este um servidor *Web* de código aberto, disponibilizado pela *Apache Software Foundation*. Ele é gratuito e executa em diferentes plataformas sendo, atualmente, o servidor *Web* mais difundido. Como seu código é aberto, facilita otimização para melhorar seu desempenho, além de ser considerado estável, poderoso e flexível.

Para acessar a interface *Web* de administração do servidor PACSOne HCFMRP é preciso informar o nome do banco de dados, o nome do usuário e a senha (Figura 6.3), sendo que cada modalidade pode possuir seu próprio banco de dados.

Figura 6.3 – Tela de *login* do servidor PACSOne HCFMRP

O menu principal do servidor PACSOne HCFMRP (Figura 6.4) dá acesso aos serviços de inclusão, alteração, exclusão e verificação do *status* dos parceiros DICOM (*Application Entities e AE Remota*), permite consulta aos pacientes cadastrados através de várias

associações textuais (Pesquisar) e exibe o fluxo dos serviços realizados pelo servidor (*Status Serviço*).

Os parceiros e ou clientes do servidor PACSOne HCFMRP podem ser modalidades de imagens que contemplam a conformidade DICOM, impressoras de filme e outros servidores e ou clientes DICOM. Para adicionar um parceiro é essencial informar o *application entity title*, o nome do *host*, o endereço IP (*Internet Protocol*) e o número da porta (Figura 6.5).

Figura 6.4 – Tela principal do servidor PACSOne HCFMRP

O servidor PACSOne HCFMRP pode tentar iniciar associações para responder as solicitações do usuário através da interface *Web* verificando o *status* da conexão DICOM (C-ECHO) com a *Application Entity* remota, ou ainda, tentar iniciar associações para responder as solicitações do usuário através da interface *Web* para consulta e recuperação remota (C-FIND), através de aplicações *Query/Retrieve SCP* (Figura 6.6). Para realizar essa operação o usuário deverá selecionar a opção *Application Entities*, que retornará uma lista com as *applications entities* (AE) cadastradas. Se o número da porta TCP para uma AE está definido, o usuário deverá clicar no *ping* da coluna para verificar conexão, sendo que este inicializará

uma solicitação C-ECHO para o número da porta da AE correspondente, uma mensagem de confirmação será apresentada se a solicitação C-ECHO for validada com sucesso pela AE remota. Caso contrário, um erro de *timeout* ou alguma mensagem de erro será apresentada.

Figura 6.5 – Tela para cadastro dos parceiros DICOM

Title	Hostname	Ipaddr	Port	Allowaccess	Archiver	Diretorio	Verificar Conexão	Exames Remotos	Editar
☐ PACSONE	PACSONE	143.107.141.200	1024	1	N/A	N/A	Ping	Consulta/Recuperação	Editar
☐ CAD7_TESTE	N/A	143.107.141.200	4006	1	N/A	N/A	Ping	Consulta/Recuperação	Editar
☐ MV300_32345	N/A	143.107.141.208	104	1	N/A	N/A	Ping	Consulta/Recuperação	Editar

Figura 6.6 – Tela para verificação dos parceiros DICOM

As informações das configurações do servidor e as informações das imagens são armazenadas em um banco de dados relacional, sendo que para este projeto foi utilizado o banco de dados MySQL. Na Figura 6.7 é apresentada a modelagem da base de dados do PACSOne HCFMRP, com as tabelas *Patient*, *Study*, *Series* e *Image* sendo responsáveis pelo armazenamento das informações dos exames dos pacientes, a tabela *Applentity* pelo armazenamento das informações dos parceiros DICOM e a tabela *Dbjob* pelo armazenamento das informações dos serviços realizados.

A tabela *Applentity* é a entidade de controle de acesso, ou seja, é a tabela que determina quais aplicações têm acesso autorizado e podem enviar e armazenar imagens.

Figura 6.7 – Modelagem da base de dados do PACSOne HCFMRP

O servidor PACSOne HCFMRP e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL versão 4.1.16 foram instalados e configurados em um Pentium III 800 MHz, com 640 MB de memória RAM e 80 GB de espaço em disco magnético (HD).

6.3 MÓDULO PARA RECUPERAÇÃO TEXTUAL

Esse sistema foi implementado para permitir a integração entre o servidor de imagens, o servidor do RIS e o visualizador de imagens, pois permite que o usuário recupere e visualize o exame, o laudo e as imagens do referido exame.

A tela inicial do sistema é apresentada na Figura 6.8, e para acessar o módulo de consultas e gerenciamento do PACS, o usuário deverá ter permissão para acessar o sistema, e esse controle é realizado através de um *login* (código do médico) e uma senha. Após o usuário digitar seu código e sua senha, o sistema verifica se este usuário está autorizado a utilizar o sistema e quais suas permissões. Uma vez autorizado, o sistema informa o nome completo do usuário, a hora inicial do acesso e o endereço IP do computador que ele está utilizando (Figura 6.9); caso o usuário não esteja autorizado, ele não terá acesso ao sistema e uma mensagem de erro será exibida.

Figura 6.8 – Tela Inicial do Sistema

O sistema permite ao usuário autorizado consultar as informações dos pacientes, seus exames e suas respectivas imagens que estão armazenadas no servidor de imagens. As

imagens são oriundas do equipamento *Emotion Siemens* (Tomografia Computadorizada) e do equipamento *Magneton Vision Siemens* (Ressonância Magnética Nuclear).

Figura 6.9 – Tela apresentando o resultado da autenticação do usuário

O menu principal do sistema é apresentado na Figura 6.10, composto pelo módulo de consulta textual, consulta por conteúdo e configuração do PACS.

O módulo de consulta textual disponibiliza as opções: **nome/sobrenome** - nessa opção o usuário deverá informar o nome e/ou sobrenome do paciente para que o sistema possa recuperar os pacientes com os dados informados e posteriormente recuperar os exames e respectivas imagens do paciente selecionado; **região anatômica/exame** - o usuário informará a região anatômica e/ou o tipo de exame e um período e o sistema recuperará os exames e as respectivas imagens; **registro do paciente** - o usuário informará o número do registro do paciente (RGHC) e o sistema recuperará as informações do paciente, bem como seus exames e as respectivas imagens, através de uma busca única; **descrição do laudo** - o usuário deverá informar palavras-chave contidas na conclusão do laudo e um período para que o sistema

possa recuperar os exames e as respectivas imagens; **consulta complexa** - nessa opção o usuário poderá fazer uma mescla entre os atributos nome, sobrenome, região anatômica, tipo do exame e a descrição do laudo (Figura 6.11) e o sistema recuperará o(s) exame(s) com as características informadas.

Figura 6.10 – Menu Principal do Sistema

Quando o sistema não encontra o paciente desejado ou o exame utilizando qualquer uma das opções de consulta apresentada, uma mensagem é retornada ao usuário informando que não consta a informação referente ao paciente ou exame pesquisado.

Na Figura 6.12 é apresentado o resultado de uma consulta realizada através da opção nome/sobrenome. Após o retorno de todos os pacientes encontrados, o usuário deverá selecionar apenas um paciente para visualizar seus exames (Figura 6.13).

Na Figura 6.14 tem-se o resultado de uma consulta realizada através da opção região anatômica/exame, onde utilizou-se como critério de busca o abdome como região anatômica, ultra-sonografia como tipo de exame e o período de 10 a 12 de janeiro de 2005.

Figura 6.11 – Tela da opção de consulta complexa

Figura 6.12 – Resultado de uma consulta por nome/sobrenome do paciente

Projeto PACS-CBIR - Resultado da Pesquisa na base de dados Exame - Microsoft Internet Explorer

Address: http://143.107.141.200/doutorado/tafe.php

Links: TOSHIBA Access, Customize Links, Free Hotmail, RealPlayer, Windows, Windows Marketplace, Windows Media

Lista de exames

Resultado da Pesquisa				
Código	Nome Paciente	Data Nascimento	Sexo	
9018291F	PACIENTE 7 TESTE	05/11/1939	Feminino	

Exames do paciente				
Nº Exame	Exame	Região	Data Exame	Conclusão
1238-2	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	115 - TIREÓIDE	12/01/2000	Nódulos tireoideanos
2330-3	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	11/01/2001	Colestasia crônica calcúlosa
28823-3	1 - RADIOGRAFIA SIMPLES	7 - TORAX	02/04/2001	
88164-3	2 - RADIOGRAFIA CONTRASTADA	175 - ENEMA OPACO	27/08/2001	
91323-3	5 - TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	6 - ABDOME	03/09/2001	Cisto renal simples a esquerda
115303-3	6 - RESSONANCIA MAGNETICA	154 - COLANGIORESSONANCIA	31/10/2001	
115358-3	6 - RESSONANCIA MAGNETICA	154 - COLANGIORESSONANCIA	31/10/2001	
115359-3	6 - RESSONANCIA MAGNETICA	154 - COLANGIORESSONANCIA	31/10/2001	Exame normal
78278-4	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	115 - TIREÓIDE	12/07/2002	Bócio difuso
54485-5	1 - RADIOGRAFIA SIMPLES	7 - TORAX	19/05/2003	
89462-6	21 - DENSITOMETRIA ÓSSEA	290 - COLUNA LOMBAR + FEMUR	20/08/2004	
90651-6	21 - DENSITOMETRIA ÓSSEA	290 - COLUNA LOMBAR + FEMUR	24/08/2004	

Visualizar Imagens Retornar Anterior

Figura 6.13 – Exames de um paciente selecionado, após consulta por nome/sobrenome

Projeto PACS-CBIR - Resultado da Pesquisa na base de dados Exame - Microsoft Internet Explorer

Address: http://143.107.141.200/doutorado/pesqac2.php

Links: TOSHIBA Access, Customize Links, Free Hotmail, RealPlayer, Windows, Windows Marketplace, Windows Media

Lista de exames

Resultado da Pesquisa				
Nº Exame	Exame	Região	Data Exame	Conclusão
2764-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	
2818-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Estado pós-operatório de neoplasia de colon sem outras alterações
2828-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Esteatose hepática leve
2839-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	1. Alteração da ecogenicidade hepática de etiologia a e: doença crônica?
2834-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	
2843-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Aumento das dimensões da próstata de etiologia a esclarecer
2863-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Exame dentro da normalidade
2867-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	1. Estado PO de gastrectomia e colecistectomia. 2. cisto renal simples a direita
2871-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Alterações compatíveis com metástases hepáticas
2877-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Alterações hepáticas sugestivas de hemangiomas. Faz-se diagnóstico diferencial com áreas de preservação focal
3054-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	1. Sinais de doença crônica do parênquima hepático. 2. Hepatomegalia às custas do lobo direito. 3. Litase vesicular. 4. Redução das dimensões do rim direito de etiologia a esclarecer
3037-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	
3059-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Exame dentro da normalidade
3081-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Alteração da ecotextura hepática compatível com doença crônica do parênquima. Imagem ecogênica no interior da vesícula biliar a esclarecer (pólipo?)
3101-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	
3102-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	1. Colelitase. 2. Esteatose hepática discreta
3108-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	
3115-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Hepatomegalia de etiologia a esclarecer
3118-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	1. Colelitase. 2. Imagem cística retrovesical a esclarecer
3128-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Exame dentro da normalidade
3144-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	
3163-7	4 - ULTRA-SONOGRAFIA	6 - ABDOME	10/01/2005	Nódulo hepático sugestivo de hemangioma

Figura 6.14 – Resultado de uma consulta por Região Anatômica/Exame

A partir das informações do paciente e da lista dos exames realizados é possível acessar as imagens. Os exames que possuem suas imagens armazenadas no servidor de

imagens (PACSONe HCFMRP) apresentam como resultado para o usuário as imagens do exame solicitado (Figura 6.15). Após o retorno das imagens, o usuário poderá verificar o laudo completo do exame onde consta a suspeita clínica e o nome do médico responsável pelo laudo (Figura 6.16).

Figura 6.15 – Imagens do exame consultado

A base de dados do RIS utilizada para recuperação textual é gerenciada pelo Sistema Gerenciador de Banco de Dados *Oracle Enterprise Edition Release 9.2.0.4.0*, produto da *Oracle Corporation®* para plataforma Intel com o sistema Operacional *GNU/Linux Slackware 10 – kernel 2.4.29*. O servidor está instalado em um Pentium IV 2.8 GHz, com 1GB de memória RAM e 80 GB de espaço em disco.

Uma parceria com o Centro de Informações e Análise do Hospital das Clínicas da FMRP possibilitou a importação da base de dados do Hospital, juntamente com suas informações, criando um ambiente de testes que não interfere no andamento normal dos serviços e possibilita estruturação do sistema com vistas a uma futura integração das

pesquisas realizadas no CCIFM (Centro de Ciências das Imagens e Física Médica) com a rotina hospitalar.

Figura 6.16 – Laudo completo de um exame

Na Figura 6.17 é apresentada a modelagem resumida da base de dados do RIS, ou seja, mostra apenas as tabelas que estão sendo utilizadas nesse projeto. A modelagem do RIS foi realizada em 1998 pelos profissionais do Centro de Informações e Análise do Hospital das Clínicas da FMRP.

Para que as imagens no formato DICOM fossem visualizadas no *browser* foi desenvolvido um *applet* utilizando a linguagem de programação Java (CARITÁ; MATOS; AZEVEDO-MARQUES, 2004). O *applet* possibilita a visualização das imagens, incluindo funções para ajuste de brilho e contraste (Figura 6.18). O recurso tecnológico *Applet* da linguagem Java possibilita a criação de programas que poderão ser executados remotamente em uma rede de computadores (*intranet* ou *internet*), não sendo necessária a instalação do sistema no computador de cada usuário.

Figura 6.17 – Modelagem da base de dados do RIS HCFMRP

Para seu desenvolvimento foram consideradas as variações do padrão DICOM como, por exemplo, se o arquivo é implícito, explícito, *BigEndian* ou *LittleEndian*, para tornar o

sistema genérico e capaz de ler e abrir imagens geradas por diferentes fabricantes. O *applet* permite visualizar as imagens de Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética Nuclear e de outras modalidades, desde que as imagens estejam em *gray-scale* (CARITÁ; MATOS; AZEVEDO-MARQUES, 2004).

Figura 6.18 – *Applet* para visualização das imagens DICOM

6.4 MÓDULO PARA RECUPERAÇÃO DE IMAGENS BASEADA EM CONTEÚDO

O sistema de recuperação baseada em conteúdo foi criado para extrair as características das imagens armazenadas no servidor PACSOne HCFMRP e indexá-las para permitir a recuperação por similaridade de características. O sistema é composto por um serviço que é responsável em extrair as características das imagens, um banco de dados para o armazenamento das características extraídas e uma estrutura de indexação.

O sistema responsável pela extração das características foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++ e é executado através de linha de comando, ou seja, quando

instanciado ele verifica os exames que estão armazenados no servidor PACSOne HCFMRP, extrai as características das imagens utilizando os descritores de textura de Haralick, Shanmugan e Dinstein (1973) e armazena as características no banco de dados do módulo CBIR.

Para o armazenamento das características extraídas foi utilizado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados *MySQL*, versão 4.1.16 para plataforma Intel com o sistema operacional *Windows* XP. O servidor foi instalado em um Pentium IV 2.8 HT com 524 MB de memória RAM e 60 GB de disco rígido.

Para avaliação do método foram selecionados 61 casos totalizando 17.099 imagens (padrão DICOM) de regiões anatômicas distintas, incluindo casos do grupo controle (casos normais) e casos do grupo patológico.

A modalidade de imagem escolhida gera imagens em formato digital DICOM em 256x256 pontos na matriz que forma a imagem e entre 8 e 16 bits de níveis de cinza. A elevada quantidade de níveis de cinza que o equipamento gera, o torna capaz de conter muito mais informações do que o olho humano é capaz de perceber. Para aproveitar esta característica foi implementada a técnica de janelamento dos níveis de cinza, a qual determina o valor de nível de cinza do centro da janela e o intervalo de níveis de cinza que estará visível em um determinado momento.

As características de janelamento das imagens DICOM estão contidas no cabeçalho de cada imagem, determinando o centro e o tamanho da janela. Os valores são definidos no ato da aquisição sendo a melhor visualização da imagem sob o ponto de vista de um médico ou técnico. Em algumas imagens, as informações sobre o janelamento para visualização da imagem não constam no cabeçalho DICOM. Para contornar o problema, a solução adotada foi aplicar nas imagens que não contêm as informações de janelamento uma normalização de todos os níveis de cinza, para uma janela de 8 *bits* (256) níveis de cinza. Nas imagens que

continham as informações de janelamento foi apresentado aos extratores de atributos o valor contido no cabeçalho, as que não tinham era apresentada o valor normalizado; criando-se assim, uma metodologia para que todas as imagens possuísem um mesmo vetor característico.

6.4.1 EXTRAÇÃO DE ATRIBUTOS

Foram utilizados atributos de textura porque esses descritores fornecem intuitivamente medidas de propriedades como suavidade, rugosidade e regularidade (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Os atributos de textura foram obtidos utilizando os 14 descritores de textura extraídos da matriz SGLD (*Space Gray Level Dependence*): Variância, Correlação, Contraste, Entropia, Soma da Entropia, Diferença da Entropia, Momento da Diferença Inversa (MDI), Média da Soma, Variância da Soma, Média da Diferença, Variância da Diferença, Energia, Medida de Informação de Correlação 1 (MIC1) e Medida de Informação de Correlação 2 (MIC2) (HARALICK; SHANMUGAN; DINSTEIN, 1973). As equações dos descritores são apresentadas no Apêndice B.

Estes descritores têm sido amplamente utilizados em procedimentos de representação e descrição de ROIS baseadas nas características internas de textura, possuindo de modo geral alta correlação com as características visuais das imagens (CASTLEMAN, 1996).

6.4.2 ESTRUTURA DE INDEXAÇÃO

A estrutura métrica dinâmica utilizada como base para indexação das características extraídas é a *Slim-tree* proposta por Traina Jr et. al. (2000); ela é uma estruturada métrica dinâmica e balanceada baseada na *M-tree*, que permite inserções de dados de um domínio (ou espaço) métrico.

A *Slim-tree* armazena páginas de tamanho fixo para cada nó. Cada nó armazena um número variável C de objetos, pois objetos adimensionais possuem quantidade de

características variáveis. Ela é uma árvore balanceada e apresenta dois tipos de nós: nó índice e nó folha.

Um nó índice é definido por:

$$NoIndice = Entidade_{Representativa} + \text{vetor de } Entidade[n]$$

Uma entidade em um nó índice é definida por:

$$EntidadeFolha = \text{registro de } [Obj, Dis, Sub, Raio, Num],$$

onde cada campo representa:

- Obj – Objeto no domínio métrico;
- Dis – Distância desse objeto para o representativo do nó, definido por $distância(Obj, Obj[nível\ anterior])$;
- Sub – Referência para nó inferior;
- Raio – Tamanho do raio de cobertura;
- Num – Número de objetos no sub-ramo inferior.

A $Entidade_{Representativa}$ é a entidade do nível superior onde seu raio engloba (indexa) todas as entidades do nó da árvore. As demais entidades utilizam o objeto da $Entidade_{Representativa}$ para o cálculo da distância, ou seja, $Entidade[n].Dis = fdistância(Entidade[n].Obj, Entidade_{Representativa}.Obj)$. Assim, o campo Dis da Entidade representativa tem que ser zero, pois é a distância para si mesmo.

Um nó índice (Figura 6.19) armazena entidades onde suas distâncias para a entidade do nível superior são menores do que o raio da entidade onde cada objeto engloba objetos do próximo nível da árvore. Assim, o nó índice repete os objetos que estarão também no último nível da árvore nos nós folhas.

Figura 6.19 – Representação de um nó índice da *Slim-Tree*

O nó folha (Figura 6.20) armazena os dados das entidades. Todos os nós folhas armazenam todas as entidades que foram indexadas, sem repetição. Uma entidade em um nó folha é definida por:

$$EntidadeFolha = registro\ de\ [Obj, Dis, OID],$$

onde cada campo representa:

- Obj – Objeto métrico;
- Dis – Distância desse objeto para o representativo do nó, definido por $distância(Obj, Obj[nível\ anterior])$;
- OID – Um identificador para encontrá-lo na base em que está armazenado.

Figura 6.20 – Representação de um nó folha da *Slim-Tree*

O mecanismo de inserção de objetos na *Slim-tree*, a partir do nó raiz seleciona um nó que possa receber o novo objeto. Se nenhum nó se qualifica, seleciona-se o nó cujo centro está mais perto do novo objeto e aumenta-se o raio de cobertura desse nó de maneira a cobrir o novo objeto. Se por outro lado, mais de um nó se qualifica, o algoritmo *ChooseSubtree* é executado para selecionar o nó onde será inserido o novo objeto. Este processo é aplicado recursivamente para todos os níveis da árvore.

A *Slim-tree* possui três opções para o algoritmo *ChooseSubtree*:

- *random* - seleciona aleatoriamente o nó para inserir o novo objeto entre os que se qualificaram;
- *mindist* - seleciona o nó cuja distância de seu representativo (centro) para o novo objeto seja a menor;
- *minoccup* - seleciona o nó que esteja com o menor número de objetos armazenados, dentre os que se qualificaram.

O campo *Num* presente em todo nó intermediário (*indexnode*) da *Slim-tree* é utilizado pelo algoritmo *minoccup*, onde o nó com menor valor de *NEntries* é selecionado. É interessante notar que utilizando a opção *minoccup* do algoritmo *ChooseSubtree* obtém-se árvores mais compactas (maior taxa de ocupação dos nós), o que resulta em um número menor de acessos a disco para responder consultas por similaridade e também menor número de comparações de distância.

Durante o processo de inserção de objetos pode acontecer do nó escolhido já estar completo (já ter atingido sua taxa de ocupação máxima). Nesse caso, a árvore aloca um novo nó no mesmo nível do anterior, e os objetos que estavam nesse nó, mais o novo nó a ser inserido devem ser então redistribuídos entre os dois nós. A *Slim-tree* possui os seguintes algoritmos para efetuar a quebra de nós (*splitting*):

- *random* - seleciona aleatoriamente os dois objetos representativos para os novos nós e os demais objetos são distribuídos entre eles pela menor distância entre o objeto e o representativo. Deve-se respeitar a taxa de ocupação mínima dos nós;
- *minMax* - consideram-se como candidatos todos os possíveis pares de objetos como representativos. Para cada par possível, associa-se os demais objetos a um dos representativos. Serão escolhidos como representativos o par de objetos que minimizar o raio de cobertura da sub-árvore. A complexidade do algoritmo é $O(C^3)$, onde C é a capacidade dos nós. Apesar deste algoritmo ser extremamente

custoso, ele é designado na literatura como o que teoricamente consegue obter árvores que possibilitam consultas mais eficientes (CIACCIA; PATELLA; ZEZULA, 1998);

- *MST* - constrói-se a árvore de caminho mínimo (*minimal spanning tree* - *MST*) (KRUSKAL, 1956), e um dos arcos mais longos da *MST* é removido. Dessa forma obtém dois agrupamentos, que serão os objetos associados a cada nó. Nos testes realizados, verificou-se que esse algoritmo possibilitou a construção de *Slim-trees* praticamente equivalentes às construídas utilizando o algoritmo de quebra de nós *minMax*, porém em muito menos tempo. Isso pode ser também notado pela complexidade do algoritmo que é $O(C^2 \log C)$ com $O(C^2)$ cálculos de distância.

É possível identificar que a *Slim-tree* cresce um nível quando a raiz da árvore está completa e um novo elemento deve ser inserido nela. Nesse caso, a raiz divide-se e uma nova raiz deve ser criada com dois representativos, e dessa forma, a árvore cresce um nível.

Quando comparada com a *M-tree*, nas mesmas condições, a *Slim-tree* sempre a sobrepujou, tanto em termos de número de acessos a disco quanto em termos de número de distâncias calculadas para responder consultas por abrangência (*range queries*) e, portanto, também em tempo total de execução.

As consultas por similaridade têm por objetivo recuperar objetos que sejam similares ou dissimilares até um determinado valor, de um dado objeto de consulta q . A similaridade ou a dissimilaridade são medidas através da função de distância métrica definida entre os pares de objetos.

6.4.3 INTERFACE PARA CONSULTA DE IMAGENS SIMILARES

A opção consulta por conteúdo no menu principal permite o acesso ao módulo que possibilita a execução de consultas por similaridade, sendo que para executar uma consulta

por similaridade é necessário informar a imagem de referência e o número de imagens similares que o sistema retornará (Figura 6.21).

Figura 6.21 – Tela para escolha da imagem de referência

A consulta inicia-se quando o usuário clica no botão “similar”, assim o sistema passa para a *slim-tree* dois parâmetros (o nome da imagem referência e o número de imagens que serão retornadas), sendo que após processá-los a *slim-tree* retorna o nome das imagens encontradas. O nome da imagem é enviado novamente ao *browser* para interagir com o Sistema Gerenciador de Banco de Dados e montar uma nova tela de visualização.

A consulta é rápida, porém o que leva mais tempo é retornar as imagens da base de dados e montar a tela de visualização.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e descritos os resultados e discussões inerentes ao trabalho. Ressaltando que, além do desempenho e precisão da indexação e recuperação, avaliou-se também a qualidade das imagens exibidas e a viabilidade dos sistemas implementados aos médicos; evidenciando-se dessa forma, uma avaliação quantitativa associada à qualitativa.

7.1 AVALIAÇÃO DO SERVIDOR DE IMAGENS (PACSOne HCFMRP)

Analizando a arquitetura de um PACS, o servidor de imagens é o componente essencial que garante o bom desempenho da estrutura. Para avaliação do servidor implantado, observou-se a performance e a estabilidade do sistema, bem como a validação das principais funcionalidades e conformidades do padrão e protocolo DICOM.

O servidor recebeu aproximadamente 120 exames, armazenando cerca de 60.401 imagens de ressonância magnética e tomografia computadorizada. Essas imagens foram enviadas através de alguns parceiros DICOM, entre eles, as *workstations* dos equipamentos de modalidades de imagens que são gerenciadas pelo *software Magic View 300* da empresa *Siemens* e por estações de visualização através do *software eFilm* versão 1.8.3 da empresa *Merge Film*. Na Figura 7.1 é apresentada uma sequência de exames enviados para o servidor de imagens através do *eFilm*.

Todos os serviços solicitados ao servidor foram executados com êxito, sendo que as imagens foram reunidas no diretório indicado e as informações necessárias para a vinculação armazenadas corretamente no banco de dados preenchendo, evidentemente, apenas os atributos que coincidissem com as *tags* que tinham informações para serem processadas. O

tempo de transferência das imagens foi satisfatório, considerando-se a máquina em que o servidor foi instalado e a taxa de transmissão da rede *ethernet* (100 Mbits/s).

Figura 7.1 – Transferência de exames para o Servidor PACSOne HCFMRP através do *software eFilm*

Outra funcionalidade que foi validada foi o processo de teste de comunicação com os parceiros DICOM, ou seja, verificar se os equipamentos ou parceiros cadastrados na tabela *Applentivity* estão corretamente configurados e respondendo ao serviço C-ECHO. Na Figura 7.2 é ilustrado um teste bem sucedido entre o servidor PACSOne HCFMRP e um parceiro DICOM.

O servidor permaneceu estável durante todo processo de teste, tanto para o recebimento das imagens quanto para a posterior recuperação e visualização através da interface *Web* e integração com o sistema RIS. Os arquivos da base de dados aumentaram conforme esperado e os arquivos das imagens foram nomeados de acordo com a conformidade DICOM estabelecida pelo equipamento responsável pela geração das mesmas.

A interface de configuração e administração do PACSOne HCFMRP é extremamente amigável, o que facilita o treinamento do usuário. A disponibilização através da *Web* permite que o gerenciamento seja efetuado de qualquer local, sendo necessário apenas uma conexão de *Internet*. Um PACS com interface amigável é importante, pois conforme Beird (1999), administrar um PACS é um processo avançado que requer constante monitoramento e desenvolvimento.

Figura 7.2 – Validação de um parceiro DICOM do PACSOne HCFMRP

Com os resultados apresentados é válido assumir que o PACSOne HCFMRP poderá atender com eficiência ao Departamento de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, porém para colocá-lo em produção será importante avaliar o fluxo de trabalho do departamento para que seja adquirido um *hardware* que contemple as reais necessidades, bem como a aquisição de equipamentos que possam garantir o funcionamento contínuo do servidor de imagens. Na análise realizada para esse trabalho constatou-se que atualmente o hospital produz aproximadamente 19.080 imagens de

ressonância magnética e tomografia computadorizada por dia, gerando 4.63 GB. Assim, seria importante ter um *storage* com aproximadamente 3.3 TB para armazenar as imagens de forma *on-line* por aproximadamente 2 anos, pois trata-se do período em que os exames são mais consultados.

7.2 AVALIAÇÃO DO MÓDULO PARA RECUPERAÇÃO TEXTUAL

Uma avaliação de desempenho é necessária para qualquer sistema de busca e recuperação de dados e ou imagens. Para tanto, foram efetuadas diversas consultas utilizando exames de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada, com todas as imagens geradas no padrão DICOM. O objetivo dessa validação e avaliação é garantir que todas as imagens armazenadas no servidor PACSOne HCFMRP e vinculadas ao RIS sejam disponibilizadas no momento da recuperação juntamente com os dados demográficos do paciente, as informações do exame e o tempo de retorno de cada exame, considerando-se o *hardware* utilizado para busca/recuperação e o número de imagens de cada exame.

Os resultados das consultas são distintos; pois cada exame possui um número diferente de imagens, que depende da estrutura anatômica, da modalidade de aquisição e do tipo de exame. Considerou-se, também, o tamanho das imagens de cada modalidade sendo que as imagens de ressonância magnética possuem em média 135 KB cada e as imagens de tomografia computadorizada 520 KB cada.

Conforme indicado por Caritá (2002), a vinculação entre as imagens e os exames só é possível se o número do exame for informado na *tag Accession Number* do arquivo de imagem, pois esta é utilizada pelo servidor PACSOne HCFMRP como identificador único de cada exame e, esse número é utilizado para organizar as imagens. Como todos os exames de ressonância magnética possuíam essa informação foi possível recuperar todos os exames com 100% de consistência; porém, o mesmo não aconteceu com os exames de tomografia

computadorizada; circunstância que enfatiza a importância de um identificador único no arquivo DICOM, pois quando o número do exame não está presente na imagem, uma outra busca é realizada comparando o RGHC do paciente, a data da realização do exame e a modalidade, auxiliando o sistema de busca das imagens. Entretanto, como não há um identificador único nesse tipo de busca o sistema poderá retornar mais de um exame, pois um paciente pode ser submetido a vários exames da mesma modalidade, no mesmo dia. A solução para o problema é introduzir o protocolo de preenchimento da *tag Accession Number* no fluxo de trabalho dos exames de tomografia computadorizada.

Para exemplificar o processo de avaliação, a seguir são apresentadas duas consultas (“consulta teste 1” e “consulta teste 2”), dentre as que foram realizadas.

Para a “consulta teste 1” foi selecionado, aleatoriamente um exame de Ressonância Magnética de encéfalo com o laudo desse exame indicando a existência de uma patologia. Esse exame é formado por 249 imagens, sendo que essa informação foi validada com os dados armazenados no banco de dados de imagens e com as imagens que ficam armazenadas *off-line* em CD no Arquivo Didático do Hospital, ou seja, foi comparado o número de imagens que o exame possui e que estão armazenadas *on-line* no servidor de imagens e *off-line* em CD no Arquivo Didático do Hospital com o número de imagens retornadas pelo sistema de recuperação textual desenvolvido.

Na Figura 7.3 são apresentadas as imagens resultantes da “consulta teste 1”. O sistema retornou 249 imagens e demorou 1 minuto, 09 segundos e 30 milésimos para concluí-la.

Para a “consulta teste 2” foi selecionado, aleatoriamente um exame de Tomografia Computadorizada de abdome com laudo desse exame indicando inexistência de patologia (normal). Esse exame é formado por 64 imagens e essa informação foi validada com os dados armazenados no banco de dados de imagens e com as imagens que ficam armazenadas *off-line* em CD no Arquivo Didático do Hospital, utilizando a mesma metodologia realizada na

“consulta teste 1”. Na Figura 7.4 são apresentadas as imagens resultantes da “consulta teste 2”. O sistema retornou 64 imagens e demorou 2 segundos e 61 milésimos para concluí-la.

Figura 7.3 – Resultado da consulta teste 1

Figura 7.4 – Resultado da consulta teste 2

As consultas foram realizadas em um PC Intel Pentium IV 2.8 GHz, com 512 MB de memória RAM e monitor de vídeo de 15”, utilizando o *browser Internet Explorer 6.0* em uma rede *ethernet 10/100 Mbits/s*.

Com os resultados obtidos pode-se destacar que o trabalho apresenta um bom desempenho e uma boa precisão.

Considerando que o médico será o maior beneficiado com o trabalho optou-se, também, por fazer uma quantificação do desempenho a partir da avaliação qualitativa do médico. Para isso, alguns médicos do Centro de Ciências das Imagens do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto utilizaram e avaliaram o sistema de recuperação e visualização de imagens e os resultados da avaliação foram enfatizados no artigo Ferramentas para Visualização de Imagens Médicas em Hospital Universitário publicado em dezembro de 2004, na Revista Radiologia Brasileira com autoria dos pesquisadores Caritá, Matos e Azevedo-Marques e são apresentados, seguindo os critérios da Tabela 4 e elucidados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 4 – Índices utilizados para avaliação do Sistema

Índice	Descrição
1	Muito Ruim
2	Ruim
3	Satisfatório
4	Bom
5	Muito Bom

Os itens avaliados pelos médicos especialistas foram a interface do sistema, tempo de retorno dos exames, tempo de retorno das imagens, qualidade das imagens, facilidade de navegação e ajuste da imagem.

O sistema foi avaliado por dois médicos especialistas e são apresentados na Tabela 5. Após a avaliação individual de cada médico especialista calculou-se uma média que é apresentada na Tabela 6.

Tabela 5 – Resultado da avaliação dos médicos especialistas

Item	Médico 1	Médico 2
Interface do sistema	4	5
Tempo de retorno dos exames	3	5
Tempo de retorno das imagens	3	5
Qualidade das imagens	4	4
Facilidade de navegação	4	5
Ajuste da imagem	3	3

Tabela 6 – Resultado final da avaliação pelos médicos especialistas

Item	Média	Conclusão Final
Interface do sistema	4.5	Bom
Tempo de retorno dos exames	4	Bom
Tempo de retorno das imagens	4	Bom
Qualidade das imagens	4	Bom
Facilidade de navegação	4.5	Bom
Ajuste da imagem	3	Satisfatório

Como resultado da avaliação qualitativa dos médicos especialistas foi possível detectar que o sistema foi considerado bom pelos avaliadores, ou seja, amigável e adequado para atender os objetivos propostos; sendo sugerido pelos médicos o acréscimo de algumas ferramentas para melhorar o ajuste das imagens como *zoom*, segmentação e binarização.

Após a avaliação mencionada, novas funções foram implementadas no sistema de recuperação textual, como a combinação de região anatômica, tipo de exame e período; descrição do laudo e período; nome do paciente, sobrenome do paciente, região anatômica, tipo de exame e descrição do laudo. Esses módulos foram criados para flexibilizar, ainda mais, a forma de consulta e recuperação dos exames e das imagens através de dados alfanuméricos; também intenciona melhorar a performance da recuperação, pois com vários filtros a resposta torna-se mais objetiva.

Depois da avaliação pelos médicos especialistas, uma nova avaliação foi realizada com profissionais da área da saúde e profissionais de informática em saúde, sendo que os itens e os critérios avaliados foram os mesmos da avaliação pelos médicos especialistas (Tabela 4). Os resultados da segunda avaliação são apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Com os resultados obtidos e as tecnologias utilizadas é possível pressupor que a estrutura criada é viável e pode atender às necessidades do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; fato importante porque segundo Galé et al. (2000), o desenvolvimento de uma interface é um elemento chave para a eficiência das estações de trabalho de um PACS, pois a visualização das imagens de forma automatizada aumenta a eficiência na interpretação das imagens e normalmente organiza o fluxo de trabalho do departamento, relatando também, que há uma boa aceitação por parte dos radiologistas, pois esse fato contribui para aumentar sua produtividade.

Tabela 7 – Resultado da avaliação pelos profissionais da área de saúde e profissionais de informática em saúde

Item	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3
Interface do sistema	5	5	5
Tempo de retorno dos exames	5	5	5
Tempo de retorno das imagens	4	5	4
Qualidade das imagens	4	4	4
Facilidade de navegação	5	5	5
Ajuste da imagem	3	3	3

Tabela 8 – Resultado final da avaliação pelos profissionais da área de saúde e profissionais de informática em saúde

Item	Média	Conclusão Final
Interface do sistema	5	Muito Bom
Tempo de retorno dos exames	5	Muito Bom
Tempo de retorno das imagens	4.3	Bom
Qualidade das imagens	4	Bom
Facilidade de navegação	5	Muito Bom
Ajuste da imagem	3	Satisfatório

Destaca-se ainda, segundo Kinnunen e Pohjonen (2001), que os benefícios do PACS considerados do ponto de vista de um hospital são o aumento da velocidade e da qualidade dos cuidados ao paciente, pois promove acesso instantâneo às informações de diagnóstico em várias localizações simultaneamente. Consistindo-se, assim, de um método eficiente para transferir as imagens e os relatórios dos pacientes para os médicos responsáveis pelo cuidado.

7.3 AVALIAÇÃO DO MÓDULO PARA RECUPERAÇÃO DE IMAGENS BASEADA EM CONTEÚDO

Seguindo a metodologia apresentada, os resultados da indexação e recuperação de imagens baseada em conteúdo serão discutidos nessa seção. Para avaliação do módulo de consulta por similaridade foram considerados 61 casos e 17.099 imagens de Ressonância Magnética Nuclear. Na Tabela 9 é apresentado o número de casos e imagens para as regiões anatômicas, informando como as imagens estão distribuídas (número de casos, imagens e região anatômica).

Tabela 9 – Número de casos e imagens por região anatômica

Região Anatômica	Casos	Imagens
Encéfalo	39	12.939
Abdome	8	1.456
Coluna	10	2.448
Faringe	4	256
Total	61	17.099

Conforme apresentado na Tabela 9, há uma maior incidência de casos de encéfalo, isso devido ao fluxo de trabalho, ou seja, no Departamento de Radiologia do HCFMRP/USP a modalidade de Ressonância Magnética é utilizada com mais frequência para realizar exames de encéfalo.

A avaliação das imagens considera uma imagem recuperada corretamente quando ela é da mesma região anatômica da imagem utilizada como busca ou possui o mesmo *status* diagnóstico (normal ou patológico), mostrando como o sistema está se comportando para recuperar as imagens de diferentes regiões anatômicas.

Na Tabela 10 são apresentados os resultados obtidos através de consultas realizadas para avaliar a similaridade das imagens considerando a região anatômica através de características de textura utilizando os descritores de Haralick, Shanmugan e Dinstein (1973), sendo que na coluna média é apresentada a porcentagem de imagens corretas que o sistema

retornou em relação a validação da região anatômica. Na Tabela 11 são apresentados os resultados validando a conclusão do laudo (normal ou patológico) e a relevância da descrição do laudo, ou seja, quando era patológico considerou-se a semelhança entre as patologias.

Tabela 10 – Resultados obtidos considerando a região anatômica retornada

Região Anatômica	Média	Desvio Padrão
Encéfalo	80%	1.41
Abdome	100%	0
Coluna	20%	0
Faringe	80%	1.41

Quando avaliado pela região anatômica considerando-se uma média e um desvio padrão geral, tem-se um valor médio em acertos de 72% e um desvio padrão de 0.84.

Tabela 11 – Resultados obtidos considerando o laudo e a relevância do laudo

Região Anatômica	Média (Laudo)	Desvio Padrão	Média (Relevância Laudo)	Desvio Padrão
Encéfalo	72%	1.14	56%	0,70
Abdome	80%	0	50%	0
Coluna	100%	0	100%	0
Faringe	70%	2.12	50%	2.12

Considerando-se o laudo (normal ou patológico) e a relevância do laudo (comparação textual da semelhança entre a conclusão do laudo da imagem de busca e a conclusão do laudo das imagens retornadas), quando avaliado no geral, tem-se um valor médio de 81% e um desvio padrão de 1.47 para o laudo e um valor médio de 64% e um desvio padrão de 1.13 para a relevância do laudo.

Com os resultados obtidos é possível mostrar que os extratores implementados podem ser utilizados para busca e recuperação baseada em conteúdo. Porém, para melhorar a performance do sistema seria importante a implementação e agregação de outros extratores para caracterizar de forma mais precisa as imagens relevantes.

Contudo, uma comparação visual realizada por um médico especialista é recomendada, assim ele poderia determinar a relevância das imagens retornadas,

complementando as análises realizadas que estão fundamentadas nos dados textuais da base de dados do Sistema de Informação em Radiologia.

Na Figura 7.5 é apresentada uma consulta por similaridade onde o sistema retornou as 5 imagens mais próximas permitindo, a partir delas, acesso a todas as imagens do exame e posteriormente ao laudo.

Ressalta-se que para a análise da recuperação baseada em conteúdo foram considerados apenas os exames de ressonância magnética nuclear, pois esta era a única modalidade que tinha todos os exames com a *tag accession number* preenchida.

Figura 7.5 – Resultado da consulta por similaridade

8 CONCLUSÕES

8.1 CONCLUSÕES FINAIS

A conclusão deste trabalho foi elaborada considerando-se os três principais objetivos do trabalho: implantação de um servidor de imagens, implementação de um módulo para consulta por informações textuais e implementação de um módulo para recuperação de imagens baseada em conteúdo; criando-se assim, uma arquitetura para um Sistema de Gerenciamento de Imagens Médicas com suporte à recuperação baseada em conteúdo.

Com a implantação do PACSOne HCFMRP o primeiro objetivo foi atingido totalmente. Em todos os testes, as modalidades de ressonância magnética nuclear e tomografia computadorizada se comunicaram com o servidor, assim como outros parceiros DICOM também tiveram o mesmo êxito, sendo que todas as imagens enviadas foram recebidas pelo servidor e armazenadas com sucesso. O servidor é de fácil configuração e possui uma interface amigável, estas duas características permitem presumir que ele é viável para ser incorporado no fluxo de trabalho do Departamento de Radiologia do HCFMRP.

O segundo objetivo foi realizado através da implementação do módulo de recuperação textual que possibilita a realização de consultas por várias informações textuais (nome, sobrenome, número de registro, região anatômica do exame, conclusão do laudo e modalidade). Para a visualização das imagens que são geradas no padrão DICOM foi implementado um *applet Java*. Porém, algumas melhorias ainda precisam ser implementadas, conforme o resultado da avaliação realizada. A interface do módulo foi implementada com tecnologia *Web* permitindo aos usuários acessarem o sistema de qualquer local que tenha conexão com a *Internet*. Assim, é possível concluir que o módulo de recuperação textual atende as necessidades do Departamento de Radiologia do HCFMRP.

A utilização de tecnologias *Web* em PACS atualmente é notável, pois segundo Harrison (2003), no Centro Médico *in Jackson* da Universidade de *Mississippi* após a implantação de um PACS *Web* houve redução na impressão de filmes e, assim, benefícios e melhorias nos cuidados aos pacientes; entretanto, as principais vantagens relatadas são a redução de custos e a descentralização dos exames, permitindo fácil acesso dos radiologistas às imagens através da rede do hospital.

O terceiro objetivo também foi alcançado com a implementação do módulo de recuperação de imagens baseada em conteúdo, onde o usuário pode selecionar uma imagem de referência e o sistema retornará imagens semelhantes. Ressalta-se que as metodologias empregadas para classificação (extratores) e indexação (*slim-tree*) permaneceram estáveis durante todos os testes e demonstraram ser objetos importantes para esse módulo. Contudo, mesmo com valores de precisão não muito altos, os atributos de textura apresentaram-se eficazes para indexação e recuperação de imagens, permitindo validar a arquitetura proposta.

Concluiu-se que este trabalho apresenta um protótipo viável e de baixo custo para implantação de um PACS-CBIR (Sistema de Comunicação e Gerenciamento de Imagens com Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo) para o Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Essa estrutura integrada torna o gerenciamento e a consulta aos exames e suas imagens mais rápido e seguro, considerando que o usuário terá acesso global ao histórico do paciente e não precisará se deslocar até o local de armazenamento das imagens para visualizá-las.

Espera-se que o sistema implementado possa melhorar o fluxo de trabalho e ampliar o número de exames por modalidade, bem como aumentar a produtividade dos médicos e técnicos, além de reduzir os custos (filmes, espaço físico e recursos humanos) impulsionando a preparação para o ambiente de trabalho sem papel e sem filmes.

Ressalta-se, ainda, que para o desenvolvimento deste trabalho foram necessárias a compreensão e integração do conhecimento de três grandes áreas da computação (banco de dados, redes de computadores e processamento de imagens) e que na literatura há poucas iniciativas concretas de PACS-CBIR; circunstâncias que evidenciam o pioneirismo da metodologia proposta e implementada neste estudo.

8.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nessa seção são apresentadas algumas sugestões para a continuidade deste trabalho. As sugestões provêm da experiência adquirida no desenvolvimento do estudo, bem como das dificuldades encontradas.

- Implementação de novas funcionalidades (visualização do conteúdo das *tags* DICOM, zoom, binarização e reconstrução 3D) para o visualizador de imagens (*Applet* Java);
- Análise das imagens recuperadas através de inspeção visual por médicos especialistas;
- Desenvolvimento e agregação de novos extratores e indexadores para o módulo de recuperação de imagens a partir da similaridade de seu conteúdo pictórico;
- Criação de um módulo de teleradiologia que permitirá consultas radiológicas interativas entre médicos e pacientes;
- Criação de um módulo para educação à distância que permitirá que os docentes disponibilizem casos para os alunos de graduação de medicina e médicos residentes de serviços de radiologia;
- Implementação de um módulo no servidor de imagens que permita o *backup* das imagens através da gravação em CDs ou DVDs;

- Implementação de sistemas de gerenciamento de fluxo de trabalho para possibilitar o laudo em monitor (estrutura *filmless*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, M. T. F.; AMORIN, M. F. (2000). A Utilização do HL7 na Comunicação de Sistemas de Informação em Saúde. **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. p. 1128-1132, 2000.

ADELHARD, K. et al. (1999). Functional Requirements for a HIS-RIS-PACS-Interface Design, Including Integration of “Old” Modalities. **Methods of Information in Medicine**. v. 38, p. 1-8, 1999.

ANDRIOLE, K. P. (1999). Anatomy of Picture Archiving and Communications Systems: Nuts and Bolts – Image Acquisition: Getting Digital Images From Imaging Modalities. **Journal of Digital Imaging**. v. 12, n. 2, suplemento 1, p. 216-217, maio/1999.

ANDRIOLE, K. P.; AVRIN, D. E. (2004). Digital Storage Media and Data Migration Strategies. **Archiving Issues in the Digital Medical Enterprise**. Society for Computer Application in Radiology, p. 31-36, 2004.

ANKERST, M.; KRIEGEL, H. P.; SEIDI, T. (1998). A Multistep Approach for Shape Similarity Search in Image Databases. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 10, n. 6, p. 996-1004, 1998.

ALLISON, S. A. et al. (2005). Department of Defense Picture Archiving and Communication System Acceptance Testing: Results and Identification of Problem Components. **Journal of Digital Imaging**. v. 18, n. 3, p. 203-208, setembro/2005.

ARENSEN, R. L. et al. (2000). Computers in Imaging and Health Care: Now and in the Future. **Journal of Digital Imaging**. v. 13, n. 4, p. 145-156, novembro/2000.

AZEVEDO-MARQUES, P. M. et al. (2000). Implementação de um Sistema de Informação em Radiologia em Hospital Universitário. **Radiologia Brasileira**. v. 33, n. 3, p. 155-160, 2000.

AZEVEDO-MARQUES, P. M. et al. (2002). Recuperação de Imagem Baseada em Conteúdo: Uso de Atributos de Textura para Caracterização de Microcalcificações Mamográficas. **Radiologia Brasileira**. v. 35, n. 2, p. 93-98, 2002.

AZEVEDO-MARQUES, P. M. et al. (2004). Integrating RIS/PACS : The Web-based Solution at University Hospital of Ribeirão Preto, Brazil. **Journal of Digital Imaging**. v. 17, n. 3, p. 226-233, setembro/2004.

BACKER, A. I.; MORTELÉ, K. J.; KEULENAER, B. L. (2004). Picture Archiving and Communication System: The Impact of Filmless and Distance Radiology. **Journal Belge de Radiologie**. v. 87, n. 6, p. 300-304, novembro-dezembro/2004.

BAKKER, A. R. (1991). **HIS and RIS and PACS**. Nato Ansi Series – Picture Archiving and Communications System (PACS) in Medicine, Springer-Verlag, p. 157-162, 1991.

BEIRD, L. C. (1999). The importance of a Picture Archiving and Communications System (PACS) Manager for Large-Scale PACS Installations. **Journal of Digital Imaging**. v. 12, n. 2, suplemento. 1, p. 37, maio/1999.

BENNETT, W. F. et al. (1999). Web-based Viewing of Picture Archiving and Communications Systems Images – Part II: The Effect Compression on Speed of Transmission. **Journal of Digital Imaging**. v. 12, n. 2, suplemento 1, p. 116-118, maio/1999.

BERNARDINI, A. et al. (2003). IHE: Integrating the Healthcare Enterprise, Towards Complete Integration of Healthcare Information Systems. **Rays**. v. 28, n. 1, p. 83-93, janeiro-março/2003.

BOEHM, T. et al. (2004). Evaluation of Radiological Workstations and Web-browser-based Image Distribution Clients for a PACS Project in Hands-on Workshops. **European Radiology**. v. 14, p. 908-914, 2004.

BOOCHEVER, S. S. (2004). HIS/RIS/PACS Integration: Getting to the Gold Standard. **Radiology Management**. v. 26, n. 3, p. 16-44, maio-junho/2004.

BROWN, S. H. et al. (2003). VistA – U.S. Department of Veterans Affairs National-scale HIS. **International Journal of Medical Informatics**. v. 69, p. 135-156, 2003.

CAI, W.; FENG, D.; FULTON, R. (2000). Content-Based Retrieval of Dynamic PET Functional Images. **IEEE Transactions on Informatics Technology in Biomedicine**. v. 4, n. 2, p. 152-158, 2000.

CAO, F.; HUANG, H. K.; ZHOU, X. Q. (2003). Medical Image Security in a HIPAA Mandated PACS Environment. **Computerized Medical Imaging and Graphics**. v. 27, p. 185-196, 2003.

CAO, P. et al. (2003). An Integrated Medical Image Database and Retrieval System Using a Web Application Server. **International Journal of Medical Informatics**. v. 71, p. 51-55, 2003.

CARITÁ, E. C. (2002). **Vinculação de Imagens para Busca e Visualização a partir de Sistema de Informação em Radiologia (RIS)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CARITÁ, E. C.; MATOS, A. L. M.; AZEVEDO-MARQUES, P. M. (2004). Ferramentas para Visualização de Imagens Médicas em Hospital Universitário. **Radiologia Brasileira**. v. 37, n. 6, p. 437-440, 2004.

CARSON, C. et al. (1999). Blobworld: A System for Region-based Image Indexing and Retrieval, **in: HUIJSMANS, D. P.; SMEULDERS, A. W. M. (Eds). Proceedings of The Third International Conference on Visual Information System (VISUAL'99)**. n. 1614, Amsterdam, Netherlands, p. 509-516, 1999.

CASTLEMAN, K. R. (1996). **Perceptive Scientific Instruments - Digital Image Processing**. New Jersey (EUA): Prentice Hall Inc, 1996.

CHANG, Z. et al. (2003). Realization of Integration and Working Procedure on Digital Hospital Information System. **Computer Standards & Interfaces**. v. 25, p. 529-537, 2003.

CHEN, Y.; WANG, J. Z.; KROVETZ, R. (2005). CLUE: Cluster-Based Retrieval of Images by Unsupervised Learning. **IEEE Transactions Image Processing**. v. 14, n. 8, p. 1187-1201, agosto/2005.

CIACCIA, P.; PATELLA, M.; ZEZULA, P. (1998). A Cost Model for Similarity Queries in Metric Spaces. **17th Annual ACM Symposium on Principles of Database Systems**. Seattle, WA, p. 59-68, junho/1998.

COX, I. J. et al. (1996). Target Testing and the PicHunter Bayesian Multimedia Retrieval System, **in: Advances in Digital Libraries (ADL'96). Library of Congress, Washington, D. C.** p. 66-75, 1996.

FÁVERO, F. et al. (2002). Prescrição Eletrônica Hospitalar. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Natal, outubro/2002.

FERNÁNDEZ-BAYÓ, J. et al. (2000). Distributing Medical Images with Internet Technologies: A DICOM Web Server and a DICOM Java Viewer. **Radiographics**, v. 20, p. 581-590, 2000.

FREDERICK, E. (2000). **Computer Aided Diagnosis of Acute Pulmonary Embolism**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Department of Biomedical Engineering, Duke University, (USA).

FRITZ, S. L. (1999). **DICOM Standardization**. Filmless Radiology, Springer Verlag, p. 311-321, 1999.

FURUIE, S. S. et al. (1999). Archiving and Retrieving Long-Term Cineangiographic Images in a PACS. **Computers in Cardiology**. v. 26, p. 435-438, 1999.

FURUKAWA, H. et al. (2004). Picture Archiving and Communication System Introduced to a New Japanese Cancer Center Hospital. **Japanese Journal Clinic Oncology**. v. 34, n. 7, p. 425-428, 2004.

GALE, D. R. et al. (2000). An Automated PACS Workstation Interfaces: A Timesaving Enhancement. **American Journal of Roentgenology**. v. 174, p. 33-36, janeiro/2000.

GARLAND, H. T. et al. (1999). Interfacing the Radiology Information System to the Modality: An Integrated Approach. **Journal of Digital Imaging**. v. 12, n. 2, suplemento 1, p. 91-92, maio/1999.

GARDNER, R. M.; PRYOR, T. A.; WARNER, H. R. (1999). The HELP Hospital Information System: Update 1998. **International Journal of Medical Informatics**. v. 54, p. 169-182, 1999.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. (2000). **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2000. 509 p.

GUDIVADA, V. N.; RAGHAVAN, V. V. (1995). Content-Based Image Retrieval Systems. **IEEE Computer**. v. 28, n. 9, p. 18-22, setembro/1995.

HL7-BRAZIL (2005). Health level Seven Brasil. Disponível em: <<http://hl7brazil.org/>>. Acessado em 23/12/2005.

HARALICK, R. M.; SHANMUGAN, K.; DINSTEN, I. (1973). Textural Features of Images Classification. **IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics**. v. 3, n. 6, p. 610-621, 1973.

HARRISON, S. W. (2003). Success with Web-based Image Access. **Radiology Management**. v. 25, n. 2, p. 36-38, março-abril/2003.

HONDA, M. O. et al. (2002). Uso de Atributos de Textura para Minimização do “gap” Semântico em Sistemas de Recuperação de Imagem Baseada em Conteúdo (CBIR). **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Natal, outubro/2002.

HONEYMAN, J. C. (1999). Information Systems Integration in Radiology. **Journal of Digital Imaging**. v. 12, n. 2, suplemento 1, p. 218-222, maio/1999.

HUANG, H. K. (2003). Enterprise PACS and Image Distribution. **Computerized Medical Imaging and Graphics**. v. 27, p. 241-253, 2003.

HUANG, H. K. (2004). **PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications**. Wiley-Liss, 2004. 1073 p.

HUSSEIN, R. et al. (2004a). DICOM Structured Reporting – Part 1. Overview and Characteristics. **Radiographics**. v. 24, n. 3, p. 891-896, maio-junho/2004.

HUSSEIN, R. et al. (2004b). Implementing a Full-feature PACS Solution in Accordance with the IHE Technical Framework: The CHILI Approach. **Academic Radiology**. v. 11, n. 4, p. 439-447, abril/2004.

JOHANSTON, H. (1993). Sistemas de Informação Hospitalar: Presente e Futuro. **Revista Informédica**. São Paulo, v. 1, n. 2, p. 5-9, 1993.

JOHNSON, N. D.; GAROFOLO, G.; GEERS, W. (2000) Demystifying the Hospital Information System/Radiology Information System Integration Process. **Journal of Digital Imaging**. v. 13, n. 2, suplemento 1, p. 175-179, maio/2000.

JUNCK, K. L. et al. (1998). PACS and CR Implementation in a Level I Trauma Center Emergency Department. **Journal of Digital Imaging**. v. 11, n. 3, suplemento 1, p. 159-162, agosto/1998.

KELLY, P.M.; CANNON, M.; HUSH, D. R. (1995). Query by image example: the Candid Approach, in: NIBLACK, W.; JAIN, R. C. (Eds). **Proceedings of the of SPIE Conference on Storage and Retrieval for Image and Video Databases III**. v. 2420, p. 238-248, 1995.

KINNUNEN, J.; POHJONEN, H. (2001). PACS in Töölö Hospital. **Computer Method and Programs in Biomedicine**. v. 66, p. 31-35, 2001.

KINOSHITA, S. K. et al. (2004). Recuperação Baseada em Conteúdo de Imagens Mamográficas: Atributos Visuais de Forma, Espectrais no Domínio de Radon e

Granulometria. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Ribeirão Preto, novembro/2004.

KORN, F. et al. (1996). Fast Nearest Neighbor Search in Medical Image Databases. **Proceedings of the 22th International Conference on Very Large Database**. p. 215-226, 1996.

KRUSKAL, J. B., (1956). On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem. **Proceedings American Mathematical Society**, v. 7, p. 48-50, 1956.

LANGER, S. (2002). OpenRIMS: An Open Architecture Radiology Informatics Management System. **Journal of Digital Imaging**. v. 15, n. 2, p. 91-97, junho/2002.

LAW, M. Y. Y.; HUANG, H. K. (2003). Concept of a PACS and Imaging Informatics-based Server for Radiation Therapy. **Computerized Medical Imaging and Graphics**. v. 27, p. 1-9, 2003.

LAW, M. Y. Y.; ZHOU, Z. (2003). New Direction in PACS Education and Training. **Computerized Medical Imaging and Graphics**. v. 27, p. 147-156, 2003.

LEHMANN, T. M. et al. (2004). Content-based Image Retrieval in Medical Applications. **Methods of Information in Medicine**. v. 43, n. 4, p. 354-361, 2004.

LEHMANN, T. M. et al. (2005). Automatic Categorization of Medical Images for Content-based Retrieval and Data Mining. **Computerized Medical Imaging and Graphics**. v. 29, p. 143-155, 2005.

LESSA, F. J. D. et al. (2000). Novas Metodologias para Vigilância Epidemiológica: Uso de Sistema de Informações Hospitalares – SIH/SUS. **Informe Epidemiológico**. v. 9, suplemento 1, 2000.

LEV, M. H. et al. (1999). Acute Stroke: Improved Nonenhanced CT Detection – Benefits of Soft-copy Interpretation by Using Variable Window Width and Center Level Settings. **Radiology**. v. 213, p. 150-155, outubro/1999.

LEVINE, B. A. et al. (2003). Assessment of the Integration of a HIS/RIS with a PACS. **Journal of Digital Imaging**. v. 16, n. 1, p. 133-140, março/2003.

MA, W. Y.; DENG, Y.; MANJUNATH, B. S. (1997). Tools for Texture and Color Based Search of Images, in: **ROGOWITZ, B. E.; PAPPAS, T. N. (Eds). Proceedings of the of SPIE Conference on Human Vision and Electronic Imaging II**. v. 3016, San Jose, CA, p. 496-507, 1997.

MATSUMOTO, C. (2005). Benefícios da Tecnologia Digital para a Radiologia. **Sociedade Paulista de Radiologia**, 2005. Disponível em: <<http://www.spr.org.br/interna.aspx?PagId=GQKCOOUL>>. Acessado em 15/12/2005.

MIDDLETON, R. L.; MILLINGEN, F. V. (1999). State of the Art Review of Presentation Technologies Report. **Edinburgh University Computing Service**. p. 1-35, 1999.

MOURA-JUNIOR, L. A. (2003). Sistemas de Informação Hospitalar: Características desejáveis. **Saúde Business Web**, 12/05/2003.

MÜLLER, H. et al. (2004). A Review of Content-based Image Retrieval Systems in Medical Applications – Benefits and Future Directions. **International Journal of Medical Informatics**. v. 73, p. 1-23, 2004.

MÜNCH, H. et al. (2004). The Integration of Medical Images with the Electronic Patient Record and their Web-Based Distribution. **Academic Radiology**. v. 11, p. 661-668, 2004.

NAGY, P. G. et al. (2003). PACSPulse: A Web-based DICOM Network Traffic Monitor and Analysis Tool. **Radiographics**. v. 23, p. 795-801, 2003.

NEMA (2005). Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 1: Introduction and Overview and Part 4: Service Class Specifications. Disponível em: <<http://medical.nema.org/dicom/2004.html>>. Acessado em 20/12/2005.

NGUYEN, G. P.; WORRING, M. (2005). Relevance Feedback Based Saliency Adaptation in CBIR. **Multimedia Systems**. v. 10, n. 6, p. 499-512, outubro/2005.

OOSTERWIJK, H. (2002). **DICOM Basics**. Second Edition. EUA: Otech, 2002. 158 p.

PASS, G.; ZABIH, R.; MILLER, J. (1996). Comparing Images Using Color Coherence Vector. **ACM Multimedia**. Boston, MA. p. 65-73, 1996.

PEER, S. et al. (1999). Sophisticated Hospital Information System/Radiology Information System/Picture Archiving and Communications System (PACS) Integration in a Large-Scale Traumatology PACS. **Journal of Digital Imaging**. v. 12, n. 2, suplemento. 1, p. 99-102, maio/1999.

PENTLAND, A.; PICARD, R. W.; SCLAROFF, S. (1996). Photobook: Tools for Content-based Manipulation of Image Databases. **International Journal Computer Vision**. v. 18, n. 3, p. 233-254, 1996.

POMERANTZ, S. M. et al. (2000). Liver and Bone Window Settings for Soft-Copy Interpretation of Chest and Abdominal CT. **American Journal of Roentgenology**. v. 174, p. 311-314, fevereiro/2000.

REDFERN, R. O. et al. (2002). The Effect of PACS on the Time Required for Technologists to Produce Radiographic Images in the Emergency Department Radiology Suite. **Journal of Digital Imaging**. v. 15, n. 3, p. 153-160, setembro/2002.

REIS, C. V. et al. (2004). Modelo de Implantação da Prescrição Informatizada de Terapia Nutricional em um Serviço de Nutrição Hospitalar. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Ribeirão Preto, novembro/2004.

REINER, B. I et al. (2000). Effect of Filmless Imaging on the Utilization of Radiologic Services. **Radiology**. v. 215, p. 163-167, 2000.

REINER, B. I.; SIEGEL, E. L.; SIDDIQUI, K. (2003). Evolution of the Digital Revolution: a Radiologist Perspective. **Journal of Digital Imaging**. v. 16, n. 4, p. 324-330, dezembro/2003.

ROSA, N. A. et. al. (2002). Sistema de Recuperação de Imagens Similares em um Hospital Universitário. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Natal, outubro/2002.

SIEGEL, E. L. (1998). Economic and Clinical Impact of Filmless Operation in a Multifacility Environment. **Journal of Digital Imaging**. v. 11, n. 4, suplemento. 2, p. 42-47, novembro/1998.

SIEGEL, E. L.; KOLODNER, R. M. (1999). **Filmless Radiology: State of the Arte and Future Trends – in Filmless Radiology**. Siegel and Kolodner eds - Springer-Verlag, p. 3-20, 177 e 208, 1999.

SIEGEL, E. L.; REINER, B. I. (2002). Work Flow Redesign: The Key to Success When Using PACS. **American Journal of Roentgenology**. v. 178, p. 563-566, março/2002.

SHORTLIFFE, E. H. et al. (2000). **Medical Informatics – Computer Applications in Health Care and Biomedicine**. Second Edition. New York: Spring Science, 2000. 854 p.

SIADAT, M. R. et al. (2005). Content-based Image Database System for Epilepsy. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**. v. 79, p. 209-226, 2005.

SINCLAIR, M.; GARDENER, J. (1997). Nurse Teachers Perceptions of Information Technology: A Study of Nurse Teachers in Northern Ireland. **Journal of Advanced Nursing**. v. 25, n.2, p. 372-376, fevereiro/1997.

SINHA, U.; KANGARLOO, H. (2002). Principal Component Analysis for Content-based Image Retrieval. **Radiographics**. v. 22, p. 1271-1289, 2002.

SMEULDERS, A. W. M. et al. (2000). Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. v. 22, n. 12, p. 1349-1380, 2000.

SMITH, E. M. (2004). Introduction to Image Acquisition, Archive Managers, and Storage. **Archiving Issues in the Digital Medical Enterprise**. Society for Computer Application in Radiology, p. 1-16, 2004.

SOUZA, J. A. (1999). **Reconhecimento de Padrões Usando Indexação Recursiva**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TAMM, E. P.; ZELITT, D.; DINWIDDIE, S. (2000). Implementation and Day-to-Day Usage of a Client-Server-Based Radiology Information System. **Journal of Digital Imaging**. v. 13, n. 2, suplemento 1, p. 213-214, maio/2000.

TELLIS, W. M.; ANDRIOLE, K. P. (2004). Integrating Multiple Clinical Information Systems using the Java Message Service Framework. **Journal of Digital Imaging**. v. 17, n. 2, p. 80-86, junho/2004.

TRAINA, A. J. M. et. al. (2002). The Metric Histogram: a New and Efficient Approach for Content-based image retrieval. **Six IFIP Working Conference on Visual Database Systems**. p. 297-311, 2002.

TRAINA JR, C. et. al. (2000). Slim-Trees: High Performance Metric Trees Minimizing Overlap Between Nodes. **Intl. Conf. On Extending Database Technology**. Konstanz, Germany, p. 51-65, março/2000.

TSAI, J. et. al. (2004). Impact of Institution of an Electronic Hospital Information System on Nursing Quick Registration and Triage Times. **Annals of Emergency Medicine**. v. 44, n. 4, p. 122-122, outubro/2004.

URTIGA, K. S. et al. (2004). Mini-WEBPACS: Sistema Compacto para Armazenamento e Distribuição de Imagens Médicas em Ambientes Clínico-Hospitalares. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Ribeirão Preto, novembro/2004.

VAILAYA, A. et al. (2001). Image Classification for Content-Based Indexing. **IEEE Transactions on Image Processing**. v. 10, n. 1, p. 117-130, janeiro/2001.

ZHANG, J.; SUN, J.; STAHL, J. N. (2003). PACS e Web-based Image Distribution and Display. **Computerized Medical Imaging and Graphics**. v. 27, p. 197-206, 2003.

ZHENG, L. et al. (2003). Design and Analysis of a Content-Based Pathology Image Retrieval System. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**. v. 7, n. 4, p. 249-255, dezembro/2003.

ZIRBES, S. F.; CAYE, L. (2002). A Informática no HCPA: Mudando Paradigmas. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Natal, outubro/2002.

WANG, S. S.; STARREN, J. (2000). A Web-Based, Secure, Light Weight Clinical Multimedia Data Capture and Display System. **Journal of the American Medical Informatics Association**, suplemento S, p. 898-902, 2000.

WILSON, D.; MARTINEZ, T. (1997). Improved Heterogeneous Distance Functions. **Journal of Artificial Intelligence Research**. v. 6, p. 1-34, 1997.

GLOSSÁRIO

ATM

Sigla para *Asynchronous Transfer Mode* (Modo de Transferência Assíncrono). Tecnologia que integra a transmissão de dados (voz e vídeo), por meio de fibras óticas ou satélite, com taxas de transferência de até 2,4 GBps. Baseia-se no envio da informação dividida em pequenas unidades de tamanho fixo (53 bytes) e formato padronizado denominadas células.

BACKBONE

Conexão de alta velocidade que funciona como a espinha dorsal de uma rede de comunicação, transportando os dados reunidos pelas redes menores que estão a ela conectados. Localmente, o *backbone* é uma linha - ou conjunto de linhas - à qual as redes locais se conectam para formar uma WAN. Na *internet* ou em outras WANs, o *backbone* é um conjunto de linhas com as quais as redes locais ou regionais se comunicam para interligações de longa distância.

HD

Forma abreviada para *Hard disk* (Disco rígido) ou Winchester.

HTML

HyperText Markup Language é a linguagem padrão utilizada para construir os documentos *Web*. A linguagem possui um vocabulário que é formado por abreviações mnemônicas básicas e sua sintaxe baseia-se em estruturas de documentos.

HTTP

Significa *HyperText Transfer Protocol* (Protocolo de Transferência de Hipertexto) e é um protocolo da camada de Aplicação utilizado para transferência de dados na WWW.

IIS

Internet Information Server. Nome de um *software* de servidor da *Web* da Microsoft, que utiliza o HTTP para entregar documentos da WWW. O IIS incorpora várias funções de segurança, permite o uso de programas de CGI e FTP (*File Transfer Protocol*).

IMAP

Significa *Internet Mail Access Protocol* ou *Interim Mail Access Protocol*. Ele permite acesso ao *e-mail* que está tipicamente (embora nem sempre) armazenado remotamente em um servidor do que em um disco rígido local.

JSP

Sigla de *Java Server Pages*, páginas *Web* dinâmicas montadas por um servidor Java.

LAN

Local Area Network. É uma rede local de computadores localizados em uma área relativamente pequena.

LINUX

Sistema operacional, multitarefa, para computadores pessoais, desenvolvido por Linus Torvalds, em 1991. Disponibilizado gratuitamente na Internet, passou a receber a colaboração de outros programadores, o que tem contribuído para seu aperfeiçoamento.

LDAP

LDAP significa *Lightweight Directory Access Protocol*, ou seja, Protocolo de Leve Acesso a Diretórios. Como o nome sugere, é um protocolo leve para acessar serviços de diretório. O LDAP roda em cima do protocolo TCP/IP ou outras conexões de transferência de serviços.

MPEG

Sigla de *Moving Picture Experts Group*, um grupo de trabalho da ISO, organização internacional de padrões. O termo refere-se a uma família de padrões para compressão de vídeo digital e formatos de arquivos desenvolvidos por esse grupo. A família inclui padrões como MPEG-1, MPEG-2 e MPEG-4. O MPEG-3 é o mesmo que MP3, um padrão de áudio. Observa-se que, ao definir tecnologias de vídeo, também se definem formatos de áudio, que vão embutidos no vídeo.

ODBC

Acrônimo de *Open Database Connectivity* é um método de acesso à banco de dados padrão desenvolvido pela Microsoft. Esse método provê funções para conectar e desconectar fontes de dados, preparar e executar comandos, processar erros e processar transações. Para executar as consultas SQL, basta passá-las como parâmetros em funções específicas do ODBC, ou seja, a consulta pode ser definida em tempo de execução (SQL Dinâmico), utilizando características próprias do banco ao qual a aplicação está conectada no momento.

PDA

Sigla em inglês para *Personal Digital Assistant* (Assistente Digital Pessoal). Computador de dimensões reduzidas, em geral cabe na palma da mão, projetado para executar funções relativas à organização pessoal como agenda de compromissos, calendário, calculadora, entre outras funções. A maioria dos modelos utiliza uma caneta óptica para entrada de dados. Os modelos mais avançados oferecem recursos multimídia e acesso à *Internet*. O mesmo que organizador pessoal.

PDF

Sigla em inglês para *Portable Document Format*. O PDF é um formato de arquivo digital que representa na tela de seu computador páginas de sua publicação, formulários, imagens, gráficos, tabelas, enfim, tudo que é possível imprimir. Os arquivos PDF são universais, ou seja, podem ser visualizados em qualquer sistema operacional (*Windows, Mac, Unix, Linux*, entre outros).

PERL

Acrônimo de *Practical Extraction and Report Language*. Linguagem interpretada, baseada na linguagem C e em vários utilitários do UNIX. A linguagem Perl tem recursos avançados de tratamento de *strings* para extração de informações de arquivos de texto. Essa linguagem pode montar um *string* e enviá-lo ao *shell* como um comando. Por isso é, em geral, usada para tarefas de administração do sistema. Um programa em Perl é conhecido como um *script*. A linguagem Perl foi criada por Larry Wall no *Jet Propulsion Laboratory* da NASA.

POP

Significa (*Post Office Protocol*) e é um mecanismo para o transporte de *e-mail*. Em contraste com IMAP, ele é usado apenas para obter o *e-mail* de um servidor e armazenar localmente no seu disco rígido.

RAID

Redundant Array of Independent Disks, arranjo em que múltiplos discos são tratados como uma unidade única. O RAID armazena os dados de forma duplicada para prover tolerância à falhas e melhor desempenho.

RELEASE

Versão específica de um produto de *software*; em geral, a versão mais recente.

SQL

Uma sublinguagem de bancos de dados usada para a consulta, atualização e gerenciamento de bancos de dados relacionais – o padrão de fato entre os produtos de bancos de dados.

SSL

Sigla em inglês para *Secure Socket Layer*. Protocolo desenvolvido pela Netscape para assegurar a transmissão de dados, em transações comerciais na Internet.

TCP/IP

Transmission Control Protocol/Internet Protocol (ou protocolo de controle de transmissão/protocolo Internet). É o protocolo que satisfaz as necessidades de um ambiente de redes de arquitetura aberta como a Internet.

UNIX

Sistema operacional, multiusuário e multitarefa, desenvolvido, no início da década dos 70, por Ken Thompson e Dennis Ritchie, no Bell Laboratories da AT&T. Escrito na linguagem C, podia ser executado em diversos sistemas operacionais. Embora fosse flexível, exigia do usuário possuir bons conhecimentos em computação. Quando surgiu, foi distribuído gratuitamente.

XML

Abreviatura de *Extensible Markup Language* ou Linguagem Extensível de Formatação é uma especificação técnica criada pelo *World Wide Consortium* (W3C), entidade que define os padrões da *Web*. O XML tem como objetivo superar uma série de limitações do HTML e facilitar a troca de documentos entre diferentes plataformas de *hardware* e *software*. O W3C define o XML como o formato universal para dados estruturados na *Web*. Esses dados incluem, textos, planilhas, desenhos técnicos e itens como parâmetros de configuração.

WAN

Wide Area Network é um sistema de LANs interconectadas através de linhas telefônicas ou ondas de rádio.

WWW

World Wide Web é o ambiente multimídia da Internet, a reunião de texto, imagem, som, vídeo e movimento na Internet.

APÊNDICE A – PADRÕES E PROTOCOLOS (DICOM, HL7 E IHE)

1. DICOM

O DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*) é um padrão e um protocolo para comunicação e armazenamento de imagens médicas e informações associadas, atualmente utilizado por diversas modalidades de equipamentos de imagens médicas. O padrão DICOM contém uma arquitetura para troca de informações entre modalidades de imagens, e também definição de protocolos de comunicação.

De acordo com Honeyman (1999), o DICOM é um padrão orientado a objeto, definindo objetos de informação, serviços e classes de serviços para executar estes serviços. Cada dispositivo tem um conjunto de objetos definidos que é preparado para reconhecer o arquivo e permitir o acesso a ele e também aos serviços providos, e negociar entre dois dispositivos qual tem a necessidade de transferir a imagem.

O padrão DICOM foi estabelecido em 1992 e, atualmente, é adotado pelos fabricantes de equipamentos médicos e desenvolvedores de sistemas de informática para a área da saúde como o padrão para a troca de imagens em um formato digital.

Segundo Oosterwijk (2002), o padrão é um tanto complicado devido ao seu dialeto próprio e específico, além de estar em constante mudança para acomodar novas tecnologias de imagem digital e uma integração mais profunda. Tem atualmente 16 partes diferentes, dirigindo-se ao protocolo DICOM, formatos e especificação de sua conformidade.

DICOM é baseado no padrão ACR-NEMA e foi iniciado pelo ACR para dirigir-se à necessidade de conectividade entre os equipamentos de imagem digital. Tem afiliações com diversas organizações internacionais e organizações de padrões americanos que trabalham nessa área da ciência.

O padrão foi desenvolvido por um comitê de trabalho, formado por membros do *American College of Radiology* (ACR) e da *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA), que iniciou os trabalhos em 1983, vislumbrando desenvolver um padrão para comunicação digital de informações e imagens.

O comitê publicou a primeira versão em 1985, que foi denominada ACR-NEMA 300-1985 ou *ACR-NEMA Version 1.0*; e a segunda versão em 1988, intitulada ACR-NEMA 300-1988 ou *ACR-NEMA Version 2.0*. A terceira versão do padrão, chamada DICOM 3.0, foi apresentada em 1993, quando foi substancialmente enfatizado o conteúdo alterado, discutido alguns problemas da primeira e da segunda versão e criados novos processos, principalmente o protocolo de comunicação para rede (FRITZ, 1999).

A história do DICOM pode ser traçada a partir dos anos 80, quando foi utilizado pelos usuários do Colégio Americano de Radiologia. A maioria dos fornecedores de modalidades sentia-se relativamente confortável com os padrões próprios da comunicação e da troca de dados porque ofereceriam aos seus clientes um equipamento da mesma companhia, ou escreviam *software* para conectar aos dispositivos de aquisição. Entretanto, desenvolver uma estação de trabalho com uma proposta geral, como estações de trabalho que permitissem visualização 3D, era uma tentativa importante porque requeria uma biblioteca que suportasse os diferentes tipos de fita, disco flexível e outros formatos para troca de informações (OOSTERWIJK, 2002).

Oosterwijk (2002) assinala que por um período maior que 10 anos (de 1981 a 1993) as duas versões elaboradas do padrão tiveram um impacto relativamente pequeno, antes se tornar finalmente bem sucedidas. A precoce demonstração da Sociedade de Radiologia da América do Norte (RSNA) em 1992 foi um sucesso. Porém, aqueles doze anos não foram desperdiçados, pois as partes principais do padrão ACR-NEMA são parte do padrão de DICOM, em especial, as estruturas de dados. Além disso, a indústria ainda não estava pronta

para escolher um protocolo líquido do trabalho nos anos 80. Nos promissores anos 90, o TCP/IP evoluiu como o padrão da rede, principalmente com a popularidade do UNIX e da *Internet*.

O acesso ao ACR-NEMA nos anos 80 provou ser uma grande evolução. Diversos fornecedores iniciaram implementos para executar por si próprios, como protocolo de rede não padronizado, e fizeram extensões ao padrão quando necessitaram. A *Philips* e *Siemens* começaram juntas e desenvolveram sua própria versão com adições, denominando-as de execuções.

Para Fritz (1999), o padrão hoje está essencialmente completo, apesar das mudanças que ainda possam acontecer devido à evolução, pois trata-se de um padrão multipartes podendo ter suas informações acrescidas quando houver necessidade. Como um padrão estável e perfeitamente desenvolvido, ele vem sendo implementado por diversas companhias tecnológicas e produtoras de equipamentos de imagens médicas. Estas implementações podem explicitar algumas falhas, que necessitarão ser corrigidas, podendo induzir a futuro desenvolvimento de um padrão melhor e mais avançado. Porém, o DICOM já é considerado adequado para o desenvolvimento e implementação de sistemas de radiologia *filmless*.

O padrão DICOM é revisado e atualizado a cada ano, sendo que essa nova versão é impressa e publicada em um volume integrado periodicamente. O padrão completo, entretanto, consiste não somente da última versão impressa, mas também de todos os serviços, mudanças, e correções adicionais aprovadas pelos membros de comitê do DICOM e publicadas no *site* do NEMA, que muda tipicamente a cada dois meses. Conseqüentemente, a versão completa e a mais atualizada do padrão DICOM tem, tipicamente, cerca de 2 meses.

O DICOM não é um padrão do ANSI (*American National Standards Institute*) como, por exemplo, o padrão do HL7 que prevalece em qualquer lugar fora dos departamentos de radiologia de um hospital. A discussão sobre transformá-lo em um padrão ANSI vem sendo

regularmente debatido dentro do comitê do padrão DICOM, que atualmente entende que este fato imporá mais limitações do que forneceria benefícios adicionais. DICOM é respeitado e reconhecido por ser padrão verdadeiramente internacional. Além disso, o processo da padronização é eficiente, as reuniões do comitê do padrão DICOM ocorrem diversas vezes no ano e em vários lugares; na maioria das vezes nos Estados Unidos, mas também ocasionalmente na Europa e Ásia. Este comitê é composto pelos membros dos fabricantes e das organizações de profissionais. Há cerca de 50 membros que aprovam novos itens do trabalho como, por exemplo, determinar novas áreas para a padronização e aprovar os resultados (OOSTERWIJK, 2002).

DICOM está focalizando também sua atenção à evolução dos padrões ligados à *Internet*. A estratégia do DICOM é integrar recomendações da *Internet*, assim que forem estáveis e disseminada em produtos comerciais ao cliente. Nesta evolução, muito cuidado deve ser tomado para assegurar-se de que a consistência do padrão DICOM seja mantida com sua grande base já instalada. DICOM já utiliza as *intranets* padrões dos hospitais, e é possível a troca de objetos DICOM por *e-mail* através do tipo MIME (*Multipurpose Internet Mail Extension*).

O padrão de DICOM é expandido continuamente. Não há provavelmente uma única semana em que não ocorra uma reunião do grupo de funcionamento DICOM em algum lugar no mundo para discutir novos serviços e definições de objetos. É fácil expandir o padrão por causa de sua natureza modular. Não importa se foi armazenado uma imagem de CT ou um objeto recentemente definido como imagens odontológicas, cardiológicas ou endoscópicas. Pode-se comparar o padrão a uma oficina de móveis: os objetos da informação são os móveis; as ferramentas, como a serra, martelo, entres outros, são os serviços DICOM. Não importa os móveis ou tipo da madeira, as mesmas ferramentas podem ser usadas. Além disso, as imagens são baseadas em blocos - módulos que permitem a especificação de um outro objeto

ou a utilização de um dos muitos módulos previamente definidos como o paciente, o estudo, o equipamento, e outros. O efeito que as aplicações de radiologia (patologia, microscopia, endoscopia, radioterapia, oftalmologia) está estendendo o padrão DICOM e o está utilizando como base para padronizar a comunicação das imagens.

Baseando-se no documento da primeira parte do DICOM (NEMA, 2005), é possível afirmar que o padrão DICOM facilita a capacidade de atividade conjunta de equipamentos de imagens médicas porque especifica:

- Um conjunto de protocolos a ser obedecido pelos equipamentos exigindo sua adaptação ao padrão;
- A sintaxe e semântica de comandos e informações associadas, que podem ser enviadas/trocadas usando estes protocolos;
- Informações que devem ser fornecidas com uma implementação para que a adaptação para o padrão seja exigida.

Entretanto, o padrão DICOM não especifica:

- A implementação detalhada de alguns recursos do padrão sobre um equipamento exigindo adaptação;
- O conjunto completo de recursos e funções esperadas de um sistema implementado integrando um grupo de equipamentos, cada um exigindo adaptação DICOM;
- Um processo de teste e validação para avaliar uma implementação aplicada ao padrão.

O padrão DICOM pertence à esfera da informática médica. Dentro da esfera, ele endereça o envio das informações digitais entre os equipamentos de imagens médicas porque esses equipamentos podem interoperar com outros dispositivos e sendo assim o padrão pode

ser sobreposto com outras áreas da informática médica (Figura 1a). Todavia, o padrão DICOM sozinho, não consegue endereçar a amplitude desta área.

Figura 1a – Âmbito do DICOM em informática médica
Fonte: NEMA (2005)

1.1 OBJETIVOS DO PADRÃO DICOM

Os objetivos iniciais do padrão eram de promover a comunicação de informações de imagens digitais sem levar em consideração os fabricantes dos equipamentos, facilitar o desenvolvimento e a expansão dos sistemas PACS, bem como a comunicação com outros sistemas de informação hospitalar; além de permitir a criação de uma base de dados de informações diagnósticas que pudesse ser examinada por uma grande variedade de equipamentos distribuídos geograficamente (NEMA, 2005).

Segundo NEMA (2005), os principais objetivos do Padrão DICOM 3.0 são:

- Endereçar a semântica de comandos e dados associados para que equipamentos possam atuar uns sobre os outros;

- Endereçar a semântica dos arquivos de serviços, formatos de arquivos e informações de diretórios necessários à comunicação *off-line*;
- Ser explícito em determinar a adaptação necessária de implementações do padrão;
- Facilitar operações em ambiente de rede, sem a necessidade de um mecanismo de interface dedicado;
- Ser estruturado para acomodar a introdução de novos serviços, facilitando assim suporte para futuras aplicações em imagens médicas;
- Fazer uso de padrões internacionais existentes sempre que aplicável, e adequar-se à documentação estabelecida para padrões internacionais.

O padrão DICOM tem o potencial de facilitar a implementação de solução PACS, sendo que ele auxilia na interoperabilidade entre os sistemas reivindicando conformidade entre os diversos fornecedores de equipamentos, porém não pode garantir a interoperabilidade. O padrão está sendo desenvolvido com ênfase em imagens médicas para diagnóstico, como por exemplo, aquelas utilizadas pela radiologia. Entretanto, é aplicável para a gama de imagens e processos de troca de informações em ambientes médicos.

1.2 DEFINIÇÕES DO PADRÃO DICOM

- *Attribute* – uma propriedade de um Objeto de Informação. Um *attribute* tem um nome e um valor que são independentes de qualquer método de codificação;
- *Command* – um meio genérico para conduzir uma solicitação para operar sobre Objetos de Informação através de uma interface de rede;
- *Command Element* – uma codificação de um parâmetro de um comando que conduz este valor de parâmetro;
- *Command Stream* – o resultado de um conjunto de comandos de elemento DICOM usando o DICOM;

- *Conformance Statement* – uma expressão formal associada com uma implementação específica do padrão DICOM. Ela especifica as Classes de Serviço, os Objetos de Informação e protocolos de comunicação suportados pela implementação;
- *Data Dictionary* – um registro dos elementos de dados que determina uma *tag* única, um nome, valores característicos e a semântica para cada elemento de dado;
- *Data Element* - uma unidade de informação definida por uma única entrada no dicionário de dados;
- *Data Set* – conjunto estruturado de valores atribuídos diretamente ou indiretamente de Objetos de Informação. O valor de cada atributo no Conjunto de Dados é expresso como um Elemento de Dado;
- *Data Stream* – O resultado da codificação de um conjunto de dados usando o método de codificação DICOM (número de elementos de dados e representações como especificada pelo Dicionário de Dados);
- *Information Object* – Uma abstração de uma entidade de informação real (ex: *CT Image*, *Study*, entre outros) a qual é influenciada por um ou mais comandos DICOM;
- *Information Object Class* – Uma descrição formal de um objeto de informação que inclui uma descrição dos propósitos e os atributos que possui;
- *Information Object Instance* – Uma representação de uma ocorrência de uma entidade do mundo real, que inclui valores para os atributos da Classe Objetos de Informação para qual entidade deverá pertencer;
- *Message* – Um dado único da *Message Exchange Protocol* trocado entre duas cooperações *DICOM Application Entities*. Uma mensagem pode se acompanhada por um fluxo de dados opcional;

- *Service Class* – uma descrição estruturada de um serviço que é suportado pela cooperação *DICOM Application Entities*, usando especificação *DICOM Commands*, acionando uma classe específica de Objetos de Informação.

1.3 PARTES DO PADRÃO DICOM

O padrão DICOM está disponível no formato *hardcopy* e *softcopy*. Consiste em diversas partes/seções, sendo que cada seção refere-se a um componente específico do padrão. Ele está em constante evolução, possuindo, atualmente, 16 partes:

- Introdução e visão geral (*Introduction and Overview*);
- Conformidades (*Conformance*);
- Definições do Objeto Informação (*Information Object Definitions*);
- Especificação das Classes de Serviços (*Service Class Specifications*);
- Estruturas de Dados e Codificação (*Data Structures and Encoding*);
- Dicionário de Dados (*Data Dictionary*);
- Envio de Mensagens (*Message Exchange*);
- Rede de Comunicação para o Envio de Mensagens (*Network Communication Support for Message Exchange*);
- Retirado (suporte de comunicação ponto a ponto para envio de mensagens);
- Mídia de Armazenamento e Formato de Arquivo para Troca de Dados (*Media Storage and File Format for Data Interchange*);
- Perfil de Aplicação para Mídia de Armazenamento (*Media Storage Application Profile*);
- Formato de Mídia e Mídia Física para Troca de Dados (*Media Formats and Physical Media for Data Interchange*);

- Retirado (suporte de comunicação ponto a ponto para gerenciamento de impressão);
- Função padrão para visualização em escala de cinza (*Grayscale Display Function Standard*);
- Perfis de segurança (*Security Profile*);
- Recurso de mapeamento de conteúdo (*Content Mapping Resource*).

As partes 9 e 13 estão identificadas como "retiradas", isso significa que neste contexto elas não estão sendo utilizadas e, definitivamente, não fazem parte das novas implementações.

De acordo com Oosterwijk (2002), todas as partes do padrão DICOM estão relacionadas conforme ilustradas na Figura 2a.

Na documentação disponibilizada no *site* da NEMA cada parte do padrão DICOM é explicada em um documento independente, porém na parte 1 há um breve resumo explicando cada uma das 16 partes do padrão.

A primeira parte fornece uma visão geral, explicando alguns conceitos básicos, trazendo um histórico da evolução do padrão DICOM. Apresenta também, o que está contido nas várias partes e seu relacionamento. A parte 2 especifica a conformidade do DICOM, ou seja, cada dispositivo DICOM complacente que é requerido para especificar os serviços DICOM para os usuários potenciais, sistemas integrados e outros que possam determinar sua conectividade. A parte 2 especifica a conformidade DICOM como se fosse um produto correspondente e permite conceder modelos com diversos exemplos típicos relacionados da conformidade DICOM. Esta parte é crítica para qualquer um que escreve uma indicação de conformidade DICOM, e útil para aqueles que querem interpretá-lo (OOSTERWIJK, 2002).

Na parte 3 é especificado o número de classes de objetos de informação que promove uma definição abstrata das entidades do mundo real que são aplicadas para comunicação das imagens médicas digitais e das informações relacionadas (por exemplo: formas de ondas,

relatórios estruturados, dose de radioterapia, entre outros). Cada classe de objetos de informação definida consiste de uma descrição do propósito e dos atributos que a constituem. Uma classe de objetos de informação não inclui os valores para os atributos que compreendem sua definição (NEMA, 2005).

Figura 2a – As partes do DICOM e suas relações
Fonte: OOSTERWIJK, H. (2002, p. 17)

Dois tipos de classes de objetos de informação são definidas: normalizadas e compostas. Classes de objetos de informação normalizada incluem somente aqueles atributos inerentes à entidade do mundo real representada. Por exemplo, a classe de objeto de informação “estudo”, que é definida como normalizada, contém os atributos dados do estudo e tempo do estudo porque eles são inerentes ao estudo atual; contudo, nome do paciente não é atributo da classe objeto de informação “estudo” porque este é inerente ao paciente. Classes de objetos de informação compostas podem adicionar atributos que não estão relacionados a

entidade do mundo real inerente. Por exemplo, a classe de objeto de informação “tomografia computadorizada”, que é definida como composta, contém os atributos que são inerentes a imagem (ex: dados da imagem) e atributos que não são inerentes à imagem (ex: nome do paciente).

A parte 3 é a mais volumosa e está sempre crescendo. A razão para mudar sempre é que há continuamente novas definições para novos objetos da imagem. Esta parte especifica também a definição do tipo para cada elemento de dado individual, isto é, ele pode ser requerido, opcional, ou condicional para ter estes elementos específicos como parte da mensagem DICOM.

Alguns autores definem que a parte 3 é o "coração" do padrão.

A parte 4 do padrão especifica as classes de serviços. Descreve todos os serviços DICOM, abrangendo da impressão ao armazenamento até modalidade *worklist*. A informação que é enviada com estes serviços é especificada em detalhe. Se for necessário encontrar exatamente a informação que está sendo transferida, por exemplo, enviando uma imagem para a impressora. Estes serviços usam comandos específicos para executar suas funções. DICOM tem diversos comandos que são acionados dependendo da funcionalidade que se deseja realizar (OOSTERWIJK, 2002).

As Classes de Serviços e Objetos de Informação são combinadas para formar as unidades funcionais do DICOM. Tudo que o DICOM faz quando implementado é baseado no uso de classes SOP. Além disso, sempre que os atributos no objeto de informação e as variáveis da classe de serviço são “preenchidos” por valores representando um exame real, ou seja, existe uma imagem resultante, a classe SOP torna-se uma instância SOP e é determinado a ela um UID (identificador único) (NEMA, 2005).

Na Figura 3a é apresentada a definição de um modelo de informação.

Figura 3a – Principais estruturas do modelo de um objeto de informação DICOM
Fonte: NEMA (2005)

A parte 5 é definida como um conjunto de informações proveniente de objetos de informação e de classes de serviços que devem ser codificados para fazer parte de uma mensagem. Nesta parte define-se, também, a semântica de um número de funções genéricas que são comuns para vários objetos de informação e ainda define as regras de codificações para os conjuntos internacionais de caracteres usados no DICOM.

A parte 6 fornece uma lista de todos os elementos de dados, ou atributos, que compõem os objetos de informação. Para cada elemento de dado é fornecido o seu código numérico, o seu nome, a sua representação (texto, número em ponto-flutuante, entre outros), a multiplicidade e o domínio de valores permitidos.

Na parte 7 descreve-se a dinâmica de comunicação, indicando o que é necessário para uma aplicação interagir no padrão de comunicação do DICOM. Também se define como são construídas as seqüências de comandos, da mesma forma que a parte 5 define como são construídas as seqüências de dados.

A parte 8 particulariza exatamente as interfaces que o DICOM utiliza como protocolo padrão de comunicação; como exemplo o TCP/IP, ou seja, define o suporte de rede necessário para a troca de mensagens do DICOM. Atualmente o protocolo TCP/IP e qualquer outro que satisfaça o modelo de camadas ISO-OSI são suportados, mas a estrutura do padrão permite que novos protocolos sejam incorporados no futuro (OOSTERWIJK, 2002; NEMA, 2005).

A parte 9 individualiza a comunicação ponto a ponto utilizada por conectores de 50 pinos que foram definidos pelo antecessor do DICOM, isto é, ACR-NEMA. Não há nenhuma necessidade de estudar esta parte, à exceção das razões históricas, ou talvez, se for preciso trabalhar com um equipamento antigo dos anos 80.

As partes 10, 11 e 12 tratam das mídias e formato para troca de informações DICOM. A parte 10 especifica o formato do arquivo incluindo a estrutura do diretório, quando DICOM tem uma estrutura muito original de diretório que permite a leitura de um arquivo DICOM e o envio para um CD, por exemplo. O sistema de arquivos é o padrão do PC, significando que ao se abrir o *explorer* do *Windows* é possível visualizar todos os arquivos listados. A parte 11 contém os perfis específicos da aplicação que são definidos para aplicações específicas, tais como cardiologia, ultrassom e outros; que contêm a definição de um subconjunto específico de imagens e que codifica possibilidades para armazenar estas imagens. Os meios físicos são definidos na parte 12, que descreve a estrutura para o relacionamento entre o modelo do meio de armazenamento e uma mídia física. Especifica, também, as características da mídia física e os formatos de mídia associados.

A parte 13 foi definida como início do processo da padronização do DICOM para padronizar o protocolo de impressão ponto a ponto, e atualmente foi retirado.

A parte 14 trata da qualidade da imagem. Contém a função padrão da exposição da escala de cinza do DICOM, que mapeia os valores do *pixel* em uma escala padrão de valores de luminosidade para a visualização, e valores de densidade para o equipamento, como acontece no filme. Esta seção promove métodos para calibrar um sistema de visualização particular para o propósito de apresentar imagens consistentes em diferentes meios (ex: monitores e impressoras).

A parte 15 especifica os perfis de segurança e gerenciamento do sistema que podem ser implementados para reivindicar conformidade. Perfis de segurança e gerenciamento do sistema são definidos por protocolos padrões referenciados externamente, tais como DHCP, LDAP, TLS e ISCL. Protocolos seguros podem utilizar técnicas de segurança de chaves públicas e *smart cards*. Dados encriptografados podem utilizar vários padrões de dados ou esquemas de criptografia. O padrão somente provê mecanismos que podem ser usados para implementar políticas de segurança considerando os objetos DICOM de troca de informação, sendo que é responsabilidade do administrador estabelecer a política de segurança apropriada. Na parte 16 foram especificados modelos para estruturação de documentos, assim como objetos de informação DICOM, conjuntos de termos codificados para serem utilizados em objetos de informação e um dicionário de termos definidos e mantidos pelo DICOM (NEMA, 2005).

1.4 FLUXO DE TRABALHO UTILIZANDO DICOM

O padrão DICOM é crucial para facilitar o fluxo de trabalho em um ambiente integrado. Na Figura 4a é apresentado um esquema de fluxo de trabalho utilizando o padrão DICOM.

Figura 4a – Exemplo de fluxo de trabalho utilizando DICOM
 Fonte: OOSTERWIJK, H. (2002, p. 24)

Primeiramente, seleciona-se a informação do paciente (1): quando um paciente é registrado e um procedimento é requisitado, este faz a comunicação com o RIS que fornece e processa as informações demográficas do paciente disponibilizando-as para o técnico da modalidade através da modalidade DICOM *Worklist*. Esta informação é usada para efetuar a aquisição, porque o processo de agendamento da informação está disponível. Além disso, a informação demográfica é usada para rotular as imagens que são geradas. Opcionalmente, é possível recuperar imagens anteriores. Em alguns casos, as imagens anteriores podem ser úteis para certificar-se de que a aquisição usa as mesmas técnicas e podem ser facilmente comparadas com estudos anteriores. Neste caso, o técnico pode "puxá-las" usando DICOM *Query/Retrieve* (OOSTERWIJK, 2002).

Assim que a aquisição começa, esta é notificada ao PACS e ao sistema de informação usando a Modalidade DICOM *Performed Procedure Step*. O gerenciador de imagem do

PACS sabe que as imagens serão enviadas e realizará o processo de agendamento na lista de serviço para que outros dispositivos não tentem executar este procedimento. As imagens são adquiridas e enviadas para o PACS, usando o serviço DICOM *Storage Service* (3).

Quando o exame está completo, a modalidade DICOM *Performed Procedure Step* comunica que o processo atual já pode ser apresentado (neste caso foi mudado na agenda de processo), e que muitas imagens foram criadas (2). O número de imagens é importante para o gerenciador de imagem certificar-se de que todas estão disponíveis, por exemplo, no arquivo do PACS. O *status* do término do exame é importante para o *scheduler* do PACS, no sentido de que este alerte um radiologista para ler o estudo (4, 5 e 6).

O radiologista abre a pasta para ler o estudo na estação de trabalho, que é criada usando o serviço DICOM *General Purpose Worklist*. Os exames anteriores podem ser “puxados” usando o DICOM *Query/Retrieve*. Dependendo da arquitetura do sistema, estas imagens anteriores são encaminhadas para a estação de trabalho antes da leitura para aumentar o desempenho usando o serviço DICOM *Storage*. As imagens podem ser disponibilizadas para o médico consultá-las. Esses profissionais podem acessá-las usando uma estação de trabalho em seu consultório (7 ou 9). A função padrão de visualização DICOM *grayscale* é usada para assegurar que as imagens visualizadas na estação de trabalho do radiologista seja similar na estação de trabalho do médico, assim, qualquer anotação ou mudança adicional na aparência da imagem, tal como largura da janela e ou nível de quantização são trocados entre a estação de trabalho do radiologista e a estação de trabalho do médico usando o serviço DICOM *Presentation State*.

Quando o paciente precisa levar uma cópia adicional do exame, um auxiliar pode recuperar as imagens usando o DICOM *Query/Retrieve* e imprimir as imagens significativas utilizando DICOM *Print* (8). As imagens também podem ser disponibilizadas ao médico pela *Internet* para os cuidados preliminares. DICOM *security* pode certificar que a informação

transmitida pela *Internet* para médico foi criptografada. O DICOM *Key Object Note* identifica para o médico que as imagens são significativas, porém o estudo não está completo.

Este cenário descreve como todos estes serviços DICOM trabalham juntos. A falta de um ou mais destes serviços requererão auxílio de outra maneira, transferindo parte das informações em papel, entrada manual em outro sistema de informação ou procedimentos.

1.5 DICOM RELATÓRIO ESTRUTURADO (SR)

Experiências práticas têm mostrado que o uso de formas estruturas para relatórios reduz a ambigüidade do relatório com formato de linguagem natural e acentua a precisão, clareza e o valor do documento clínico. No nível técnico relatórios estruturados (SR) tem-se uma ótima forma de documentação em sistemas computacionais, como permitir investigação, armazenamento e comparação com elementos de dados similares.

Conseqüentemente, o DICOM SR emergiu para aumentar a eficiência da distribuição e informação entre diversas especialidades, na prática os relatórios estruturados pode ser amplamente usado em diversos contextos clínicos, na tomografia computadorizada ou ressonância magnética pode ser usado para representar as interpretações, ligando as imagens referenciadas e comunicando as coordenadas espaciais de achados significantes; no ultrassom pode ser usado para comunicar e transmitir dimensões; no laboratório de cateterização cardíaca pode ser usado para comunicar procedimentos e conectar todas as informações relatadas e o objeto DICOM dentro de uma unidade de comunicação conveniente (HUSSEIN et al., 2004a).

Além disso, o DICOM *Key Objects Selection Document*, que é baseado no DICOM SR, foi recentemente introduzido para facilitar a seleção de uma ou mais imagens significantes, formas de ondas ou outros objetos DICOM de um ou mais estudo para um paciente. O IHE, o HL7 e o CDA (*Clinical Document Architecture*) são introduzidos para

aumentar a rapidez de acesso na troca desses documentos estruturados, melhorando o cuidado ao paciente no ambiente hospitalar.

DICOM SR é uma estrutura de documentos planejada para codificar e trocar informações utilizando a estrutura hierárquica e serviços DICOM, ou seja, DICOM SR introduz o DICOM *information object definitions* (IODs) e serviços usados para armazenar e transmitir relatórios estruturados. O DICOM IODs define a estrutura de dados que descreve os objetos de informação do objeto do mundo real (exemplo: pacientes, imagens e relatórios), que estão envolvidos na operação radiológica. Os serviços DICOM estão relacionados com o armazenamento, a busca, recuperação e transferência de dados.

Basicamente, um documento SR consiste de uma sequência de nós chamados *Content Items* e estão relacionados em forma de árvore. Cada *content item* é representado por um par nome/valor. O nome refere-se mais precisamente a um único *concept name*, que é definido por um código preferencial, em vez de um texto livre para facilitar a codificação dos atributos. Desta forma, todo *concept name* é representado por um código de entrada que usa grupos de atributos codificados. O valor de cada *content item* pode ser um dos valores apresentados na Figura 5a. A origem do *content item* (exemplo: nó origem) pode estar relacionada com um nó filho de uma árvore de relatórios estruturados.

Por exemplo, um relatório radiográfico (visão posteroanterior e lateral), contendo o seguinte achado e conclusão: "O achado é uma massa medindo 1.3 cm de diâmetro com uma marginação infiltrativa. A conclusão é uma provável malignidade, inferida pela marginação infiltrativa da massa". Este relatório pode ser representado em uma estrutura de documento, conforme apresentado na Figura 6a.

Figura 5a – Modelo de informação SR
Fonte: HUSSEIN, R. et al. (2004a, p. 893)

O padrão DICOM SR especifica três objetos gerais da classe SR SOP para aumentar a complexidade de envolvimento das vastas aplicações SR. Estas são definidas como segue: o texto básico SR IOD é usado para representar relatórios simples que utiliza um mínimo de códigos de entrada. As referências somente são permitidas para níveis autorizados da árvore textual SR; a acentuada SR IOD, um super conjunto de textos básicos SR, é usada para representar um relatório simples que inclui regiões temporais e espaciais de interesse; a compreensiva SR IOD, um super conjunto de textos básicos e acentuada SR, é usada para representar relatórios complexos sem nenhuma restrição de referências.

Complementarmente, para criação e codificação dos relatórios, o padrão DICOM SR provê o gerenciamento de regras e controle do armazenamento de documentos e sua disponibilidade quando necessário. Estas regras, especificamente, gerenciam de onde o documento veio, o destino do documento criado ou revisado, a versão do documento usado e como receber os documentos relevantes.

Figura 6a – Exemplo de uma árvore SR
 Fonte: HUSSEIN, R. et al. (2004a, p. 893)

Os diferentes padrões de aplicações SR são chamados *SR Templates* e são endereçados separadamente na parte DICOM intitulada *DICOM Content Mapping Resource*. Este padrão descreve e constrói o *content items*, tipos de valores, relacionamentos e conjuntos de valores que podem ser utilizados em qualquer parte da árvore do documento SR ou em todas as partes de um relatório específico.

O padrão *key image note* foi introduzido no *framework* técnico do IHE. Este representa um simples padrão para selecionar uma ou mais imagens significantes para vários propósitos em um estudo, acesso médico, selecionar arquivos para ensino, consultas com outros departamentos e avaliação da qualidade da imagem. Uma anotação típica pode incluir um título para classificar e marcar o propósito da imagem, referencia as imagens, comentário do usuário e opcionalmente um contexto de observação.

Atualmente, SR tem sido um poderoso formato que melhora a expressividade, a precisão e comparabilidade dos documentos clínicos. Além disso, SR proporciona a capacidade para ligar documento clínico com as imagens DICOM e formas de ondas. Conseqüentemente, imagens e relatórios podem ser visualizados simultaneamente em qualquer estação de trabalho. Em alguns contextos clínicos baseados em DICOM, SR tem várias vantagens potenciais como precisão e relatórios mais organizados. Conseqüentemente, melhora a precisão diagnóstica podendo ser arquivada com mais rapidez, reduz especialmente os custos, diminui os erros e melhora o gerenciamento.

1.6 FORMATO DE ARQUIVO DO PADRÃO DICOM

O padrão DICOM diferencia-se dos outros formatos de imagens tais como (JPEG, TIFF, GIF e outros) por permitir que as informações dos pacientes sejam armazenadas juntamente com a imagem, mas de forma estruturada. Isto é, elas são armazenadas contendo ponteiros, conhecidos como *tags*, que identificam e delimitam as informações. A imagem propriamente dita no padrão DICOM é baseada no formato JPEG, com ou sem compressão, dependendo do equipamento que a gerou. Um esquema da estrutura física de um arquivo DICOM é apresentado na Figura 7a.

Huang (2004) descreve que o formato do arquivo DICOM pode ser definido como um encapsulamento do conjunto de dados DICOM de uma instância da SOP no arquivo DICOM. Cada arquivo, usualmente, contém uma instância SOP. O arquivo DICOM inicia com o DICOM *File Meta Information* (opcional) seguindo por *bit stream* do conjunto de dados e finaliza com o conjunto de *pixels* da imagem, caso seja um arquivo de imagem DICOM.

O *Meta Information* usa VR Explícito (Representação Valor) sintaxe transferida para codificação. Contudo, o *meta information* não existe na codificação do arquivo DICOM VR Implícito. Explícito VR e Implícito VR são dois métodos de codificação em DICOM.

Fabricantes ou desenvolvedores têm a opção de escolher entre as codificações, os arquivos codificados pelos dois métodos de codificação podem ser processados pela maioria dos *softwares* concordantes com o padrão DICOM (HUANG, 2004).

Figura 7a – Conteúdo de um arquivo DICOM

A diferença entre Explícito VR e Implícito VR está na forma de codificação VR dos últimos elementos da *tag*. Por exemplo, uma codificação para o elemento “modalidade” de “CT” valor em Implícito VR e Explícito VR (Figura 8a).

Em ambos, os quatro primeiros *bytes* (08 00 60 00) são uma *tag*. Em Implícito VR, os próximos quatro *bytes* (02 00 00 00) são para o tamanho do valor do campo dos elementos de dados e os últimos dois *bytes* (43 54) tratam do valor do elemento (CT). Em Explícito VR, os próximos dois *bytes* (43 53) são para representação VR CS (*Code String*), um tipo de VR em DICOM, os próximos dois *bytes* (02 00) são para o tamanho do valor elemento, e os últimos dois *bytes* (43 54) são valor do elemento.

Caritá, Matos e Azevedo-Marques (2004) destacam ainda que para a implementação de visualizadores DICOM é preciso considerar, também, a sintaxe *BigEndian* e *LittleEndian* que variam nos arquivos DICOM Implícito VR e Explícito VR.

08 00 60 00 02 00 00 00 43 54	Implícito VR
08 00 60 00 43 53 02 00 43 54	Explícito VR

Figura 8a – Codificação de um elemento DICOM
Fonte: HUANG, H. K. (2004, p. 179)

2. *HEALTH LEVEL 7*

Segundo HL7-BRAZIL (2005), *Health Level 7* é uma das diversas organizações desenvolvedoras de padrões certificadas pelo ANSI operando na área de saúde. Muitas organizações produzem padrões (muitas vezes chamados de especificações, protocolos ou padrões) para uma área específica da saúde como farmácia, equipamentos médicos, imagens e transações de seguradoras. O *Health Level 7* é específico para dados clínicos e administrativos. A missão da entidade é produzir protocolos para a troca, gerenciamento e integração de informações pertinentes aos cuidados do paciente, assim como a administração, distribuição e avaliação dos serviços de saúde. Especificamente, para o desenvolvimento de uma linguagem flexível, de baixo custo, parametrizada, seguindo uma metodologia que permita a interoperabilidade entre os mais diversos sistemas de informação para a área de saúde.

Segundo Huang (2004), o objetivo comum do HL7 é simplificar a implementação de interfaces entre aplicações computacionais de vários fornecedores. Este padrão enfatiza o formato dos dados e o protocolo para o envio de certos dados textuais chaves entre sistemas de informação em saúde.

Como outras organizações ligadas ao ANSI, o *Health Level 7* é uma organização voluntária sem fins lucrativos; seus membros são desenvolvedores, vendedores, consultores, órgãos governamentais e outros que possuem algum interesse no desenvolvimento e

aperfeiçoamento de protocolos clínicos e administrativos para a saúde, sendo que realizam o desenvolvimento de suas normas. Os membros do HL7 são conhecidos como um Grupo de Trabalho que é organizado em comitês técnicos e grupos de interesses especiais. Os comitês técnicos são diretamente responsáveis pelos protocolos. Grupos de interesses especiais servem como campos de testes para explorar novas áreas que possam ser cobertas pelas especificações do HL7 (HL7-BRAZIL, 2005).

O HL7 é uma evolução do padrão desenvolvido pela Sociedade Americana para Testes de Materiais (*American Society for Testing Materials – ASTM*). Um comitê de usuários e fabricantes sobre HL7 foi formado em 1987, com o objetivo de simplificar a implementação de interfaces entre diferentes aplicações computacionais de diferentes fabricantes concorrentes. É considerado como padrão para comunicação de dados desde 1992 (HONEYMAN, 1999; ABRAHÃO; AMORIN, 2000).

Este comitê, conhecido como Grupo de Trabalho HL7, desenvolveu o padrão para intercâmbio eletrônico de informações médicas, financeiras e administrativas dentro de sistemas computacionais; assim como HIS, sistemas de farmácia, sistemas de laboratório e o RIS. Ele não é incomum para um hospital que tenha instalado sistemas computacionais para reconhecer e acessar admissão, liberação e transferência em arquivos de laboratórios clínicos; radiológicos; farmácias, entre outros. Cada sistema desse pode ter sido desenvolvido por diferentes fabricantes e possuir diferentes formatos de dados e protocolos de comunicação.

O HL7 possui uma base extremamente bem definida em procedimentos gerados a partir de consensos, transparência e equilíbrio de interesses. Um engano comum referente ao HL7 é que ele desenvolve *softwares*. Na verdade, HL7 desenvolve especificações, que são utilizadas amplamente para permitir a troca de informações entre aplicativos médicos, integrando informações clínicas e administrativas (HL7-BRAZIL, 2005).

O Nível 7 se refere ao mais alto nível do modelo de comunicação da ISO (*International Standards Organization*) para o OSI (*Open Systems Interconnection*), o nível de utilização. O nível de utilização gera endereçamentos para os dados a serem trocados, o tempo para o intercâmbio e a comunicação de certos erros para o aplicativo. O sétimo nível suporta funções como checagem de segurança, identificação de usuários, checagem de disponibilidades, mecanismos de negociação de trocas; e o mais importante, estrutura de intercâmbio de informações.

Para Abrahão e Amorin (2000), com a utilização do HL7 é possível definir os dados e as mensagens a serem transferidos pela rede, uma vez que este padrão não procura assumir uma arquitetura particular física ou lógica para a implementação de sistemas de saúde. O padrão permite a troca de informações entre diferentes instituições, através da padronização do formato das consultas e das respostas. Uma instituição define uma consulta através da construção de uma mensagem que respeita uma sintaxe pré-definida e a envia à outra instituição, ou mesmo a outro sistema da mesma instituição. O receptor da mensagem a decodifica, executa as consultas correspondentes em sua base de dados, utilizando uma linguagem de consulta própria e envia a resposta codificada como uma mensagem HL7 para o sistema que solicitou a consulta. Da mesma forma, um sistema pode enviar informações não solicitadas como admissões, transferência de leitos e alta de pacientes, para outros sistemas.

Na Figura 9a é ilustrada a troca de dados que ocorre quando um paciente é transferido de uma sala de cirurgia (que utiliza um sistema chamado DHIS) para uma unidade de cuidados intensivos (que utiliza o sistema chamado TMR).

Segundo Honeyman (1999), HL7 e DICOM têm diferentes objetivos e não necessariamente contêm os mesmos elementos de dados ou fornecem os mesmos serviços. Por exemplo, é desnecessário para o padrão HL7 definir detalhes de um estudo radiológico específico, assim como a espessura de corte de uma imagem de tomografia computadorizada

ou o tamanho do *pixel* de uma imagem de radiografia computadorizada. Um departamento de radiologia sem filme requer, em princípio, a funcionalidade de ambos os sistemas e a interação entre eles.

```
MSH|^~&|DHIS|OR|TMR|SICU|199212071425|password|ADT|16603529|P|2.1<cr>
EVN|A02|199212071425||<cr>

PID|||Z99999^5^M11||GUNCH^MODINE^SUE|RILEY|19430704|F|C|RT. 1, BOX
97^ZIRCONIA^NC^27401|HEND|(704)982-1234|(704)983-1822|S|C|245-33-
9999<cr>

PV1|1||N22^2204|||OR^03|0940^DOCTOR^HOSPITAL^A|||SUR|||A3<cr>

OBR|7|||93000^EKG REPORT|R|199401111000|1994011111330|||RMT|||19940111
11330|?|P030|||199401120930|||88-126666|A111|VIRANYI^ANDREW<cr>

OBX|1|ST|93000.1^VENTRICULAR RATE(EKG)||91|/MIN|60-100<cr>

OBX|2|ST|93000.2^ATRIAL RATE(EKG)||150|/MIN|60-100<cr>

...

OBX|8|ST|93000&IMP^EKG DIAGNOSIS|1|^ATRIAL FIBRILATION<cr>
```

Figura 9a – Exemplo de transação de mensagens HL7
Fonte: SHORTLIFFE, E. H. et al. (2000, p. 247)

A versão 1.0 do padrão foi publicada em setembro de 1987 e serviu principalmente para definir o escopo e o formato do padrão. A versão 2.0 foi publicada em 1988 e foi a base para algumas demonstrações de intercâmbio de dados envolvendo mais de 10 fabricantes. A versão 2.1 foi publicada em janeiro de 1990 e amplamente implantada nos Estados Unidos e em outros países. Em 1991, o HL7 tornou-se um membro licenciado da ANSI. A versão 2.2 foi publicada em dezembro de 1994 e, em 8 de fevereiro de 1996, foi aprovada pela ANSI como o primeiro padrão nacional americano para envio de dados em saúde. Em março de 1997 foi publicada a versão 2.3, com escopo consideravelmente expandido por proporcionar intercâmbio dos dados relatando a administração do paciente (registro de admissão, liberação, transferência e paciente de ambulatório), contabilidade do paciente (faturamento), ordem de entrada, dados da observação clínica, gerenciamento de informações médicas, relatórios de

imunização, relatórios de efeitos adversos e triagens clínicas, bem como interfaces generalizadas para sincronização de arquivos referência comum (SHORTLIFFE, 2000).

Segundo Huang (2004), a versão mais comumente utilizada atualmente é a 2.x, que tem muitas opções e é, portanto, flexível. Durante o passar dos anos a versão 2.x foi desenvolvida continuamente, e está sendo amplamente implementada pelos desenvolvimentos de sistemas de saúde.

A versão mais recente é a 3.0, sendo que a primeira *release* foi publicada em dezembro de 2001, e o principal objetivo era oferecer um padrão definitivo e estável. A versão 3.0 usa uma metodologia de orientação a objetos e um modelo de informação referência (RIM) para criar mensagens HL7. A metodologia de orientada a objeto é um método *top-down*. O modelo de informação referência é todo abarcado, desenvolvido em arquitetura aberta para o conjunto de escopo de tecnologias das informações para cuidados em saúde. Sendo que o modelo contém mais de 100 classes e mais de 800 atributos (HUANG, 2004).

O RIM define o relacionamento de cada classe RIM, é o *backbone* do HL7 versão 3 e, com ele promove-se uma representação explícita da semântica e vocabulários de conexões entre a informação nos campos de mensagens HL7; sendo que cada aspecto do RIM é muito bem definido com poucas opções. Totalmente orientado a objetos e RIM, a nova versão pode melhorar várias falhas existentes na versão 2.x, e tem como outro destaque a utilização de XML para codificar as mensagens visando aumentar a interoperabilidade entre os sistemas.

Shortliffe et al. (2000) definem que o RIM é uma coleção de áreas subjetivas, cenários, classes, atributos casos de uso, atores, eventos de gatilho, interação e tudo aquilo que for necessário para especificar mensagens HL7. O propósito determinado para o RIM é o de promover um modelo para a criação de especificações de mensagem e mensagens para HL7.

A versão 3 do HL7 pode oferecer enormes benefícios para mantenedores e fornecedores, assim como para analistas e programadores, mas a completa adaptação ao novo padrão pode exigir tempo e esforços.

3. *INTEGRATING THE HEALTHCARE ENTERPRISE*

O *Integration the Healthcare Enterprise* (IHE) é uma iniciativa de vários anos, que cria uma estrutura para passar informações vitais da área da saúde de aplicação para aplicação, de sistema para sistema, de ambiente para ambiente, através dos sistemas de informação em saúde. Sob o comando do HIMSS (*Health Information Management and Systems Society*) e da Sociedade Norte Americana de Radiologia (RSNA), o IHE iniciou-se em novembro de 1998, com um esforço colaborativo para aumentar os métodos dos sistemas computacionais em saúde. IHE inclui médicos especialistas e outros provedores de saúde, administradores, organizações de padrões, profissionais de tecnologia da informação e fabricantes.

Para Huang (2004), o IHE não é um padrão como o HL7 e o DICOM, também não é uma autoridade de certificação; ele é um modelo de informação de alto nível para dirigir adaptações do padrão HL7 e DICOM. A missão do IHE foi definir e estimular os fabricantes a utilizarem os padrões para que equipamentos e sistemas de informação fossem complacentes, facilitando as operações clínicas diárias.

A primeira demonstração em larga escala foi realizada no encontro anual do RSNA em 1999, 2000 e 2001 e no HIMSS, em 2001 e 2002. Nessas demonstrações os fabricantes puderam, juntos, mostrar seus produtos sendo integrados com base em protocolos IHE (HUANG, 2004).

Em 2003, o Colégio Americano de Cardiologia (ACC) juntou-se à iniciativa do IHE com a responsabilidade de dispor regras para os fabricantes para integração da medicina cardiovascular.

Os sistemas de informação de um hospital moderno administram funções extremamente importantes como o gerenciamento do paciente, controle do fluxo de trabalho, administração entre outros; para isso, uma grande variedade de padrões recomendados são empregados. Para simplificar e resolver este problema foi criado o IHE, que é um *framework* que identifica um número de componentes para os hospitais (atores) dos quais as interações são definidas em termos de ações, que devem ser implementadas de acordo com os padrões HL7 e DICOM (BERNARDINI et al., 2003).

Segundo Bernardini et al. (2003), o IHE está evoluindo constantemente. Conseqüentemente abre uma efetiva contribuição para todos os profissionais de saúde que podem sinalizar as principais instâncias que emergem diariamente no raio de visão de suas atividades. Originalmente especificado para a radiologia, hoje, ele objetiva junto aos médicos especialistas e profissionais da tecnologia da informação criar regras para identificar e solucionar as dificuldades que impedem uma integração efetiva e funcional dos sistemas de informação em saúde.

A arquitetura técnica do IHE define uma linguagem, um vocabulário e um modelo comum usando DICOM e HL7 para completar um conjunto radiológico bem definido e transações clínicas para certos serviços (HUANG, 2004).

Para Hussein et al. (2004b), durante os últimos quatro anos o IHE tem trabalhado para estabelecer uma integração segura entre os dispositivos de imagens médicas e outros sistemas de informação clínica usando os padrões industriais existentes, como DICOM e HL7. O IHE é organizado e conduzido por organizações profissionais que representam os dois seguimentos (compradores e fornecedores), sendo capaz de definir uma linguagem comum para as várias

partes do hospital. Desta maneira, o IHE propõe uma rigorosa e organizada arquitetura técnica que promove um guia compreensivo para a implementação coordenada de padrões de informação.

Para Boochever (2004), o objetivo do IHE é proporcionar ao usuário final uma melhora no acesso às informações críticas e clínicas do paciente, armazenadas em todos os sistemas conectados em rede de um hospital, tendo como proposta facilitar a eficiência, prognosticar e integrar as funcionalidades entre os sistemas incompatíveis.

Para Huang (2004), há três conceitos chaves na arquitetura técnica do IHE, constituindo-se de modelo de dados, atores e perfis de integração.

O modelo de dados é adaptado de HL7 e DICOM e mostra o relacionamento entre a estrutura chave de referência como, por exemplo: Paciente, Visita, Seqüência e Estudo definido na arquitetura (HUANG, 2004).

Um ator é responsável pela troca de mensagens com outros atores para armazenar serviços ou transações específicos. Um ator, não necessariamente é uma pessoa, sendo definido no nível genérico da empresa.

Um Perfil de Integração é a organização das funções segmentadas entre unidades discretas. Este inclui atores e transações requeridas para endereçar um serviço clínico particular ou necessário. Um exemplo é o Perfil do Agendamento do fluxo de trabalho, que incorpora todos os passos do processo em um típico agendamento do paciente envolvendo o registro, a ordem, a aquisição da imagem e a visualização do exame (HUANG, 2004).

O Perfil de Integração IHE promove uma linguagem, um vocabulário e uma plataforma comum para hospitais e fornecedores permitindo discutir necessidades de integração e a capacidade de integração entre os produtos.

- **PERFIS IHE**

Segundo Huang (2004), os 10 perfis implementados IHE são:

- Agendamento do fluxo de trabalho;
- Concordância nas informações dos pacientes;
- Apresentação consistente das imagens;
- Apresentação agrupada dos procedimentos;
- Acesso às informações radiológicas;
- Anotações em imagens chaves;
- Imagens simples e relatório numérico;
- Segurança básica;
- Responsabilidade de transferência;
- Fluxo de trabalho para pós-processamento.

O IHE está se expandindo internacionalmente, e três objetivos adicionais estão emergindo:

1. Desenvolver um processo para habilitar ultrassom baseado em iniciativas IHE com base em tecnologias distribuídas globalmente;
2. Documentação nacional baseada em diferentes políticas e cuidados de saúde;
3. Procurar uma possibilidade de alto nível para uniformizar o envio de informações médicas.

Ressalta-se que a principal concentração das iniciativas do IHE está acontecendo essencialmente para a radiologia, entretanto, em setembro de 2001 foi formado o Comitê de Desenvolvimento Estratégico IHE, tendo como membros representantes de várias especialidades médicas e pessoas de caráter operacional, das áreas de cardiologia, laboratório, farmácia e administração de medicação. Este comitê está trabalhando para identificar os problemas chaves dessas áreas.

APÊNDICE B – DESCRITORES DE TEXTURA

Haralick, Shanmugan e Dinstein (1973) sugerem 14 descritores de textura extraídos da matriz SGLD (*Space Gray Level Dependence*): Variância, Correlação, Contraste, Entropia, Soma da Entropia, Diferença da Entropia, Momento da Diferença Inversa (MDI), Média da Soma, Variância da Soma, Média da Diferença, Variância da Diferença, Energia, Medida de Informação de Correlação 1 (MIC1) e Medida de Informação de Correlação 2 (MIC2).

Sendo n o número de níveis de cinza da imagem $p(i, j)$ e sua matriz de co-ocorrência, os descritores de Haralick, Shanmugan e Dinstein (1973) podem ser definidos como:

- **Variância** é um indicador da variação da tonalidade de fundo da imagem (FREDERICK, 2000).

$$Variância = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} (i - \mu_x)(j - \mu_y) p(i, j) \quad (7)$$

- **Correlação** é um indicador de uma estrutura implícita na textura. O valor absoluto dessa medida será maior se a imagem tiver algum tipo de estrutura como um fundo suave ou repetidas bordas sobre uma dada região (FREDERICK, 2000).

$$Correlação = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} (i - \mu_x)(j - \mu_y) p(i, j)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (8)$$

As médias e variâncias são dadas por:

$$\mu_x = \sum_{i=0}^{n-1} i p_x(i)$$

(09)

$$p_x(i) = \sum_{j=0}^{n-1} p(i, j)$$

(10)

$$\mu_y = \sum_{j=0}^{n-1} j p_y(j)$$

$$p_y(i) = \sum_{j=0}^{n-1} p(i, j)$$

(11)

(12)

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=0}^{n-1} (i - \mu_x)^2 p_x(i)$$

(13)

$$\sigma_y^2 = \sum_{j=0}^{n-1} (j - \mu_y)^2 p_y(j)$$

(14)

- **Contraste** é uma estimativa da média da variação quadrática do nível de cinza entre pares de pontos da imagem. Texturas com baixo contraste tendem a ter valores menores quando comparados com as de alto contraste, para as quais a variação do nível de cinza é maior e mais provável (embora ruído e texturas rugosas tendam a ter um alto valor para essa medida) (FREDERICK, 2000).

$$Contraste = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} (|i - j|)^2 p(i, j)$$

(15)

- **Entropia** é um indicador de quantidade de informação propiciado pelas interações entre os *pixels* da imagem (FREDERICK, 2000).

$$Entropia = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} p(i, j) \log_2[p(i, j)]$$

(16)

- **Soma da Entropia** é um indicador da quantidade de informações entre pares de *pixels* de um fundo (FREDERICK, 2000).

$$SomadaEntropia = - \sum_{k=0}^{2n-2} p_{x+y}(k) \log_2[p_{x+y}(k)]$$

(17)

onde:

$$p_{x+y}(k) = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} p(i, j)$$

(18)

$$i + j = k, k = 0, \dots, 2n - 2$$

(19)

- **Diferença da Entropia** é similar à Soma da Entropia (FREDERICK, 2000).

$$Diferença da Entropia = - \sum_{k=0}^{2n-2} p_{x-y}(k) \log_2[p_{x-y}(k)]$$

(20)

onde:

$$p_{x-y}(k) = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} p(i, j)$$

(21)

$$|i - j| = k, k = 0, \dots, n - 1$$

(22)

- **Momento da Diferença Inversa** é um indicador da média de tonalidades entre pares de *pixels* do fundo (FREDERICK, 2000).

$$MDI = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j)$$

(23)

- **Média da Soma** é um indicador de pequenas mudanças e texturas sutis (FREDERICK, 2000).

$$Média da Soma = \sum_{k=0}^{2n-2} p_{x+y}(k)$$

(24)

- **Variância da Soma** é um indicador da variação da tonalidade do fundo (FREDERICK, 2000).

$$Variância da Soma = \sum_{k=0}^{2n-2} (k - Média da Soma)^2 p_{x+y}(k)$$

(25)

- **Média da Diferença ou Coeficiente de Máxima Correlação** é baseado nos autovalores de uma função da matriz SGLD normalizada que freqüentemente é difícil de ser obtida a não homogeneidade da distribuição de níveis de cinza (FREDERICK, 2000).

$$MédiadaDiferença = \sum_{k=0}^{n-1} k p_{x-y}(k)$$

(26)

- **Variância da Diferença** é similar a Variância da Soma, mas com a média centrada em zero (FREDERICK, 2000).

$$VariânciadaDiferença = \sum_{k=0}^{n-1} (k - MédiadaSoma)^2 p_{x-y}(k)$$

(27)

- **Energia ou Segundo Momento Angular** é um indicador da uniformidade ou suavidade. Texturas homogêneas terão um alto valor de energia em comparação com texturas não homogêneas, em função das texturas suaves possuírem densidades mais concentradas que as texturas rugosas. Texturas rugosas têm densidades com alto espalhamento ou variância (FREDERICK, 2000).

$$Energia = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} [p(i, j)]^2$$

(28)

- **MIC1** é um indicador da correlação baseado na medida da entropia para elementos independentes e pares de elementos na imagem (FREDERICK, 2000).

$$MIC_1 = \frac{Entropia - H_1}{\max(|H_x, H_y|)}$$

(29)

- **MIC2** é a medida da correlação baseada na similaridade entre entropias de elementos independentes da imagem e pares de elementos da imagem (FREDERICK, 2000).

$$MIC_2 = \sqrt{1 - \exp[-2(H_2 - Entropia)]} \quad (30)$$

onde:

$$H_x = - \sum_{i=0}^{n-1} p_x(i) \log_2[p_x(i)] \quad (31)$$

$$H_1 = - \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} p(i, j) \log_2[p_x(i)p_y(j)] \quad (32)$$

$$H_y = - \sum_{j=0}^{n-1} p_y(j) \log_2[p_y(j)] \quad (33)$$

$$H_2 = - \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} p_x(i)p_y(j) \log_2[p_x(i)p_y(j)] \quad (34)$$