

**CASSIO DIEGO TAVARES CAMPOS
JAILTON WAGNER RODRIGUES TAVARES
PATRICIA DO SOCORRO DAIBES OLIVEIRA**

**APLICAÇÃO DE ALGORITMO DE CONVERSÃO DE IMAGENS
MÉDICAS E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE
WEBPACS**

**BELÉM/PA
2008**

**CASSIO DIEGO TAVARES CAMPOS
JAILTON WAGNER RODRIGUES TAVARES
PATRICIA DO SOCORRO DAIBES OLIVEIRA**

**APLICAÇÃO DE ALGORITMO DE CONVERSÃO DE IMAGENS
MÉDICAS E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE
WEBPACS**

Trabalho Final de Graduação apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: M.Sc. Iraçú Oliveira Santos.

**BELÉM/PA
2008**

UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA
UNAMA

Cassio Diego Tavares Campos
Jailton Wagner Rodrigues Tavares
Patricia do Socorro Daibes Oliveira

**APLICAÇÃO DE ALGORITMO DE CONVERSÃO DE IMAGENS
MÉDICAS E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE
WEBPACS**

Trabalho Final de Graduação apresentado como requisito para obtenção
do grau de Bacharel em Ciência da Computação

Data da defesa: 10 / 12 / 08
Conceito: Excelente (10,0)

Banca Examinadora

Prof. M.Sc. Iraçú Oliveira Santos (Orientador)

Prof. D.Sc. José Augusto Furtado Real (Membro)

Prof. M.Sc. Edson do Socorro Cardoso da Silva (Membro)

“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si mesmo.”

Ayrton Senna

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de conversão de imagens médicas no formato DICOM para o formato JPEG e o desenvolvimento de um protótipo de webpacs que exhibe aos profissionais de saúde as imagens convertidas. Como trabalho acadêmico tem o objetivo de estudar as técnicas de conversão e compressão de imagens, implementar o protótipo de webpacs e interligá-lo com um banco de dados que armazena as informações das imagens convertidas. Além disso, o trabalho apresenta uma abordagem que procura reforçar a necessidade de investimentos em sistemas eficientes e com baixo custo, voltados para tarefas de visualização de imagens médicas que possam auxiliar profissionais de saúde a diagnosticar patologias.

PALAVRAS-CHAVE: DICOM, JPEG, PACS, WEBPACS.

ABSTRACT

This work presents a proposal for conversion of medical images in DICOM format for JPEG format and the development of a webpacs prototype that displays from professionals of health the converted images. As academic work have objective to study the techniques of conversion and compression of images, implement the prototype of webpacs and connect it with a database that stores the information of images converted. In addition, this work presents an approach that seeks to reinforce the need for investment in efficient systems, low-cost, turned for tasks of viewing medical images that can help professionals of health to diagnose the diseases.

KEYWORDS: DICOM, JPEG, PACS, WEBPACS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: História do desenvolvimento do DICOM	20
Figura 02: Representação piramidal de informação DICOM	20
Figura 03: Estrutura organizacional das definições dos objetos de informação	21
Figura 04: Exemplo de atributos de um cabeçalho de um objeto	22
Figura 05: Estrutura de um PACS	24
Figura 06: Esquema básico de codificação por transformada	27
Figura 07: (a) Imagem no formato DICOM. (b) Imagem no formato JPEG	38
Figura 08: (a) Imagem no formato DICOM. (b) Imagem no formato JPEG	38
Figura 09: Modelagem do banco de dados	41
Figura 10: Tela de login do protótipo de webpacs	42
Figura 11: Tela de cadastro de novos usuários gerais ao sistema	42
Figura 12: Tela de boas-vindas e acesso as opções do sistema	43
Figura 13: Tela de pesquisa do protótipo	43
Figura 14: Tela de pesquisa por nome do paciente	44
Figura 15: Tela de pesquisa por código de identificação do paciente	44
Figura 16: Tela de pesquisa por código de identificação do exame	45
Figura 17: Tela com informações recuperadas pelo nome do paciente	45
Figura 18: Tela com informações recuperadas pelo código do paciente	46
Figura 19: Tela com informações recuperadas pelo código do exame	46
Figura 20: Tela de inserção de comentário em um exame	47
Figura 21: Tela de visualização de comentário em um exame	47
Figura 22: Tela de exibição da imagem JPEG com recurso de slide show	48
Figura 23: Tela de download da imagem no formato original (DICOM)	49

LISTA DE SIGLAS

ACR	<i>American College of Radiology</i>
AJAX	<i>Asynchronous Javascript And XML</i>
BMP	<i>Windows Bitmap</i>
CMYK	<i>Cyan, Magenta, Yellow, and Key (black)</i>
DCT	<i>Discrete Cosine Transform</i>
DICOM	<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i>
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITU-TS	<i>International Telecommunications Union - TeleServices</i>
JFIF	<i>JPEG File Interchange Format</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufactures Association</i>
PACS	<i>Picture Archiving and Communication Systems</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
RC	<i>Radiografia Computadorizada</i>
RM	<i>Ressonância Magnética</i>
RGB	<i>Red, Green and Blue</i>
TC	<i>Tomografia Computadorizada</i>
TIFF	<i>Tagged Image File Format</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 IMAGEM DIGITAL	16
2.1 IMAGEM DIGITAL	16
2.2 CONTEÚDO PARA RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÕES EM IMAGENS	17
2.3 IMAGEM MÉDICA	17
2.3.1 Raios-X	18
2.4 PADRÃO DICOM	19
3 SISTEMAS PACS	23
4 COMPRESSÃO DE IMAGENS	25
4.1 COMPRESSÃO COM PERDA	25
4.2 COMPRESSÃO SEM PERDA	26
4.3 TÉCNICAS DE COMPRESSÃO	26
4.3.1 Transformada Discreta do Cosseno	27
4.3.2 Quantização	28
4.3.3 Codificação	29
5 PADRÃO JPEG	30
5.1 JPEG	30
5.1.1 Modos de Operação	31
5.1.2 Funcionamento	32
6 CONVERSÃO ENTRE IMAGENS	34
7 PROJETO DE CONVERSÃO	35
7.1 PROCEDIMENTOS	35
7.2 ALGORITMO DE CONVERSÃO	36
7.3 RESULTADOS OBTIDOS	37
8 PROTÓTIPO DE WEBPACS	40
8.1 MODELAGEM DO BANCO DE DADOS	41
8.2 FUNCIONALIDADE DO PROTÓTIPO	42
9 CONCLUSÕES	50
10 TRABALHOS FUTUROS	51
REFERÊNCIAS	52
ANEXO 1	54

1 INTRODUÇÃO

Em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen descobriu os raios-x, que revolucionaram o meio científico, principalmente o da medicina, que ganhou uma nova técnica para diagnosticar patologias por meio de imagens. (SANTOS, 2003).

O avanço tecnológico permitiu à medicina diagnosticar patologias por meio do uso de novas tecnologias, como a radiologia digital, a ressonância magnética, a ultra-sonografia (descoberta na década de 40 do século XX) e a tomografia computadorizada (desenvolvida em 1972 por Godfrey Hounsfiel e Allan Comarck).

Devido à crescente evolução da tecnologia dos computadores e paralelamente das redes de comunicação de modo geral, foram criados os sistemas conhecidos como *Picture Archiving and Communication Systems* (PACS) que armazenam e transmitem imagens geradas pelos equipamentos de diagnósticos. De acordo com (MARTINS, 2006), os sistemas PACS, inicialmente, eram compostos, geralmente, por equipamentos de fabricantes distintos. Em decorrência disto, houve a necessidade de estabelecer um padrão para a transferência das informações de diagnósticos nestes sistemas. O padrão reconhecido e adotado mundialmente é o *Digital Imaging and Communication in Medicine* (DICOM), que se encarrega da integralização dos equipamentos médicos, assim como fornece informações úteis a respeito das imagens geradas.

A situação ideal seria que todas as instituições hospitalares, tanto particulares, quanto públicas tivessem acesso a um sistema PACS, pois auxiliaria o profissional de saúde a obter diagnósticos mais rápidos, mais seguros e mais eficazes. Além disso, seria possível um intercâmbio entre instituições com a finalidade de oferecer um suporte melhor para a sociedade e contribuir para comparação e avaliação de patologias. No entanto, os investimentos nesta tecnologia podem chegar a valores inviáveis para muitas instituições hospitalares.

Em função desta dificuldade, um dos objetivos deste trabalho foi apresentar uma proposta de conversão de imagens médicas no formato DICOM, geradas por equipamentos de diagnóstico por imagem, para o formato *Joint Photographic Experts Group* (JPEG) e o desenvolvimento de um protótipo de webpacs. O protótipo desenvolvido funciona via web e possui como principal funcionalidade a exibição de imagens de exames, semelhante a um sistema PACS. A exibição das

imagens a profissionais de saúde pode facilitar a visualização de patologias, diminuindo assim, o tempo de resposta em decisões médicas.

Espera-se, também, que este trabalho contribua para o estudo de algoritmos de conversão de imagens médicas digitais no padrão DICOM para o formato JPEG e para o desenvolvimento de um protótipo de um webpacs que possibilite a aquisição e visualização remota das imagens por profissionais de saúde.

A metodologia de trabalho foi dividida em três partes e consistiu na utilização do software MATLAB®, disponível em versão registrada nos laboratórios da Universidade da Amazônia, para a conversão dos formatos DICOM para JPEG e na arquitetura web para o desenvolvimento do protótipo.

A primeira parte compreendeu uma pesquisa de campo, por meio de um formulário (Anexo 1), na instituição de saúde, Hospital Porto Dias, a fim de se verificar junto aos profissionais de saúde a viabilidade de serem visualizadas patologias a partir de uma imagem médica convertida para o formato JPEG.

A segunda parte correspondeu na aplicação de um algoritmo de conversão de imagem no formato DICOM para o formato JPEG e o armazenamento das informações necessários no banco de dados. O banco de dados adotado neste trabalho foi o MySQL.

A última parte foi marcada pelo desenvolvimento, na linguagem *Hypertext Preprocessor* (PHP), do protótipo de webpacs e configuração do protótipo para ser executado no servidor web Apache e posterior avaliação de resultados.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em dez capítulos, incluso este primeiro capítulo referente à introdução do trabalho. No capítulo um são expostas as motivações do trabalho, objetivos, justificativa, metodologia e estrutura do trabalho.

O capítulo dois refere-se aos conceitos de imagem digital. Este capítulo está dividido em quatro seções. A primeira seção compreende aos conceitos de imagem digital, a segunda sobre conteúdo para recuperação de informação em imagens, a terceira sobre imagem médica e a quarta corresponde ao padrão DICOM.

O capítulo três faz uma abordagem aos sistemas PACS.

O capítulo quatro é referente à compreensão de imagens e está dividido em três seções. A primeira seção compreende o conceito de compreensão com perda, a

segunda sobre compreensão sem perda e a terceira trata das técnicas de compreensão.

O capítulo cinco aborda os conceitos do padrão JPEG. Este capítulo está dividido em uma seção com duas subseções, a primeira refere-se aos modos de operações e a segunda o funcionamento do padrão JPEG.

O capítulo seis aborda o conceito de conversão entre imagens.

O capítulo sete refere-se ao projeto de conversão proposto neste trabalho. Este capítulo está dividido em três seções: a primeira detalha os procedimentos que foram adotados para a conversão, a segunda aborda o algoritmo de conversão utilizado e a terceira exibe os resultados obtidos no projeto.

O capítulo oito enfoca os procedimentos utilizados no projeto de webpacs e está dividido em duas seções: a primeira aborda a modelagem do banco de dados utilizado no protótipo de webpacs e a segunda aborda o funcionamento do protótipo.

O capítulo nove apresenta a conclusão para este trabalho e o capítulo dez fornece propostas para trabalhos futuros.

2 IMAGEM DIGITAL

Este capítulo aborda alguns conceitos que envolvem uma imagem digital. É apresentada a definição de imagem médica e descrição do exame de raios-x. As imagens provenientes de exame de raios-x foram escolhidas como a fonte de dados principal para o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que questões relacionadas ao método de conversão de imagens, baseado na utilização do algoritmo de compactação JPEG de imagens, tende a limitar consideravelmente as possibilidades de reconhecimento de estruturas em que a textura e cor são elementos essenciais para uma análise e diagnósticos de certas patologias.

2.1 IMAGEM DIGITAL

Imagem digital é uma imagem discretizada tanto em coordenadas espaciais quanto em intensidade luminosa. Uma imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz cujos índices de linhas e colunas identificam um ponto na imagem, e o correspondente valor do elemento da matriz identifica o nível de cinza naquele ponto. Os elementos dessa matriz digital são chamados de elementos da imagem, elementos da figura, “*pixels*” ou “*pels*”. (GONZALEZ, 2000, p.4-5).

Em sistemas de processamento de imagens, um dos maiores problemas é o armazenamento de imagens digitais, devido ao grande número de bytes que as imagens apresentam.

Toda imagem digital está sob um formato, que possui a função de especificar o esquema padrão de armazenamento de arquivos. Assim, todos os dados são armazenados num esquema que possibilita o processamento destes dados por programas que entendam este formato. Entretanto, não existe nenhum formato de armazenamento de imagens padronizado. Os formatos mais conhecidos e utilizados são JPEG, *Graphics Interchange Format* (GIF), *Windows Bitmap* (BMP), *Tagged Image File Format* (TIFF) e *Portable Network Graphics* (PNG).

2.2 CONTEÚDO PARA RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÕES EM IMAGENS

Os modernos sistemas de recuperação visual diferem do paradigma baseado em textos (palavras chaves), pois a busca por informação é baseada em conteúdos da imagem, que podem ser expressos através de cor, textura, formas ou relacionamentos espaciais presentes visualmente na imagem, representando o comportamento mais global, como por exemplo a média de cores R (vermelho), G (verde) e B (azul) presentes na imagem, ou alguma parte específica da mesma, como no caso de uma textura presente em alguma área da imagem. Esse processo de busca é executado através de aproximações, pois não existem buscas exatas em relação a determinado parâmetro baseado nesses elementos de conteúdo.

Os elementos (conteúdos) de busca são utilizados como uma espécie de filtro de informação, que tem como objetivo principal a redução do espaço de busca para o usuário, que deverá descartar as recuperações falsas, denominadas também de imagens irrelevantes e selecionar somente aquelas imagens que lhe interessam, denominadas de imagens relevantes. Entretanto, a maior dificuldade quando se utiliza esse tipo de abordagem é determinar o conjunto de características (cor, textura ou formas) que descrevem o conteúdo da imagem adequadamente, de acordo com a área de aplicação.

Em geral as consultas baseadas em conteúdo devem ser realizadas de forma automatizada, permitindo que a extração de características particulares de cada imagem sejam previamente executadas pelo sistema. As características devem ser representativas de propriedades expressas na própria imagem, permitindo, assim, seu uso para o processo de indexação, representação e sua recuperação.

2.3 IMAGEM MÉDICA

O uso de imagens, na medicina, para auxiliar diagnóstico médico tornou-se rotineiro e os avanços em processamento de imagens vêm permitindo tanto o desenvolvimento de novos equipamentos quanto a maior facilidade de interpretação de imagens produzidas por equipamentos mais antigos, como o de raios-x. (MARQUES FILHO, 1999, p.2)

Existem diversos formatos de imagens digitais capazes de representar dados de imagens médicas, dentre eles os convencionais, para imagens em duas

dimensões, e os especializados para imagens em três dimensões. Dentre os formatos convencionais mais populares de imagens digitais encontrados na representação de dados médicos estão o JPEG e o PNG. Entretanto, os formatos convencionais mostram apenas uma fatia do volume total avaliado em um exame por arquivo e por se tratarem de formatos genéricos, não possuem informações associadas ao paciente examinado e ao exame propriamente dito. Os formatos especializados resolvem esse problema, pois possuem capacidade de representar o volume completo da imagem gerada por um exame. Geralmente, também, possuem dados sobre o paciente e o seu exame, por isso são considerados os mais adequados para o auxílio ao diagnóstico. Dentre os formatos especializados, estão os formatos proprietários, os mais populares são o Analyze e o DICOM.

2.3.1 Raios-X

O exame de raios-x foi o primeiro e mais utilizado exame não-invasivo do interior do corpo humano. Entretanto, este tipo de exame possui duas deficiências: a superposição de estruturas e o baixo contraste entre tecidos não-ósseos. Estas deficiências devem-se ao fato de que todas as estruturas atravessadas pelos raios são projetadas, gerando uma imagem que representa a atenuação total dos raios-x devida a todas as estruturas sobrepostas; sombras geradas pelas estruturas próximas podem obscurecer o objeto que o profissional de saúde deseja visualizar.

A radiografia de contraste, que consiste no uso de material de contraste para delinear áreas de interesse, foi utilizada para ajudar a resolver este problema. A radiografia digital utiliza as mesmas técnicas da radiografia comum, entretanto as imagens são digitalizadas e armazenadas na memória do computador, ao invés de serem gravadas em um filme.

Os raios-x são excelentes para exames rotineiros de pulmão, do coração e do esqueleto, mas não podem fornecer imagens dos tecidos moles, onde está a maioria das patologias. Para estes dados, na forma digital, cada imagem ocupa 4K x 4K x 2bytes e este tipo de exame envolve normalmente em torno de cinco imagens.

2.4 PADRÃO DICOM

O padrão DICOM é um padrão para armazenamento e comunicação de imagens médicas e informações associadas. Assim como no formato Analyze, ele pode ser utilizado por diversas modalidades de equipamentos, como, por exemplo, radiografia computadorizada (RC), tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM). (GOMES, 2007).

Os principais objetivos do padrão DICOM são promover a comunicação de informações de imagens digitais sem levar em consideração os fabricantes dos aparelhos, facilitar o desenvolvimento e expansão dos sistemas PACS e permitir a criação de uma base de dados de informações de diagnósticos que possam ser examinadas por uma grande variedade de aparelhos distribuídos fisicamente em entidades de saúde. Além disso, o DICOM também busca a padronização das informações do paciente examinado, relatórios, estudos, dentre outros dados relevantes à análise clínica.

O DICOM foi desenvolvido por um comitê de trabalho formado por membros do *American College of Radiology* (ACR) do *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA). A primeira versão do padrão, chamada de ACR-NEMA 300-1985, foi apresentada em 1985, com o objetivo de estabelecer não só um padrão para o formato de dados de imagem gerados por equipamentos de diferentes fabricantes, mas também, definir uma interface que possibilitasse a comunicação entre equipamentos através de redes. Assim, na versão 2.0 foi incluída a comunicação ponto-a-ponto entre os aparelhos, mas não a conexão direta em uma rede. Para suprir essa necessidade e corrigir algumas inconsistências da versão anterior, surgiu então, no ano de 1993 a versão atual, denominada DICOM 3.0. (DICOM Homepage). A figura 01 mostra o histórico do desenvolvimento do padrão DICOM.

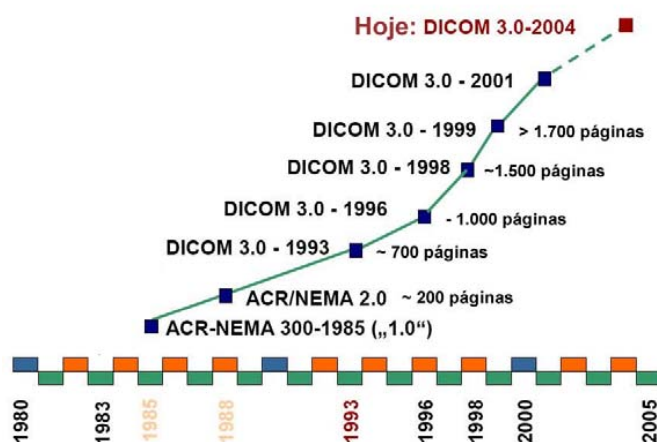


Figura 01: História do desenvolvimento do DICOM.

Fonte: MARTINS, Antônio Cardoso.

Atualmente, o padrão DICOM é composto por 12 partes. Este trabalho aborda apenas uma parte, que trata das definições dos objetos de informações. Esta parte descreve como os objetos de informação são definidos, ou seja, define as classes do objeto de informação usadas no DICOM.

Segundo (BORGES, 2003), o formato de arquivo genérico DICOM contém um pequeno cabeçalho (Dicom File Meta Information Header), com 128 bytes de preâmbulo e um conjunto de etiquetas de informações da imagem e informações associadas ao paciente e ao exame, seguido do prefixo de 4 bytes "DICM" e atributos, como dados demográficos do paciente e valores dos pixels (pixel data, ou seja, a imagem do exame propriamente dita).

O modelo de informação DICOM segue uma estrutura piramidal, representado na figura 02.

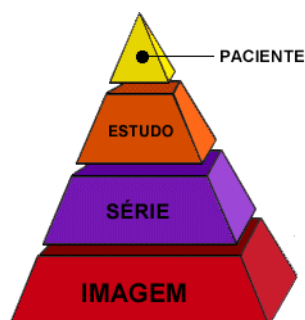


Figura 02: Representação piramidal de informação DICOM.

As definições dos objetos de informação, abordadas neste trabalho, consistem em atributos, como por exemplo, o nome do paciente (*Patient Name*). Os atributos são unidade lógica de informação e campos nos quais consiste o objeto DICOM. A figura 03 exibe os atributos pertencentes à estrutura organizacional do padrão DICOM.

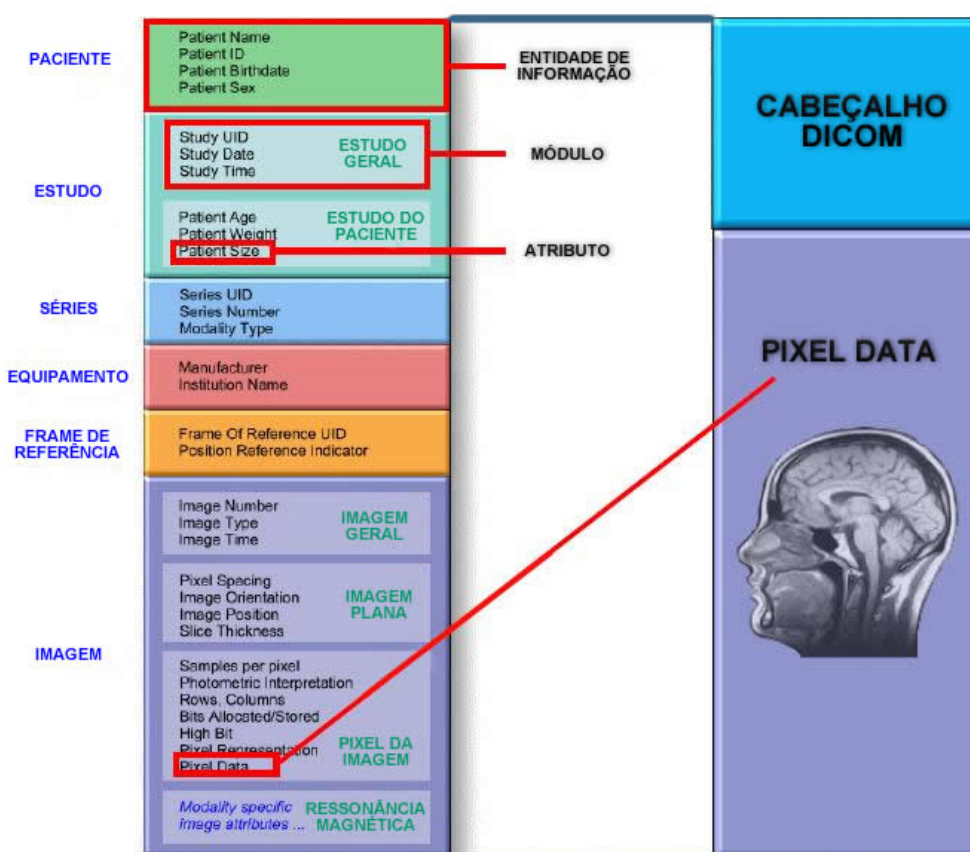


Figura 03: Estrutura organizacional das definições dos objetos de informação.
Fonte: MARTINS, Antônio Cardoso.

A figura 04 especifica os atributos de um cabeçalho de um objeto, na qual *tag* é uma etiqueta de identificação, formada por um par ordenado de 16 bits que representa o grupo e o elemento de dado; *name* é o nome do atributo; *VR* é uma *string* de 2 bytes que representa o tipo do elemento do dado, por exemplo “DA” para data; *length* é um valor inteiro de 16 ou 32 bits contendo o tamanho do campo *value*; e *value* é o conteúdo do elemento do dado.

3 SISTEMAS PACS

Devido o aumento de modalidade de equipamentos para diagnóstico médico que geram imagem digitalmente e o desenvolvimento de novas técnicas de obtenção de imagens digitais, houve a necessidade da criação de sistemas de gerenciamento para estas imagens. Além disso, devido ao surgimento e a evolução da tecnologia de redes de computadores surgiu, também, a possibilidade de transferência de arquivos.

Os Sistemas PACS foram desenvolvidos para suprir estas necessidades, pois permitem a captura, armazenamento e comunicação de imagens, possibilitando que as informações dos pacientes e suas respectivas imagens sejam compartilhadas e visualizadas por profissionais de saúde em locais fisicamente distintos em uma instituição de saúde. Além disso, os Sistemas PACS podem ser projetados para controle local do paciente ou para consultas com especialistas em locais remotos.

Os primeiros PACS foram projetados como sistemas centralizados, nos quais as imagens e os dados eram armazenados em uma base de dados centralizada, para posteriormente serem distribuídos quando requisitados por estações cliente. Já os PACS atuais são formados por equipamentos de diferentes fabricantes, pois em um ambiente clínico, raramente são adquiridos equipamentos de um único fabricante. Para que estes dispositivos conseguissem se comunicar, foi necessário adotar um padrão para a troca de informações. O padrão adotado atualmente e utilizado na grande maioria de equipamentos de geração de imagem é o DICOM.

A figura 05 mostra a estrutura de um PACS, na qual os equipamentos de diagnósticos médicos estão conectados as estações de trabalho, através de um barramento ethernet. O servidor de imagens é uma das peças principais do PACS.

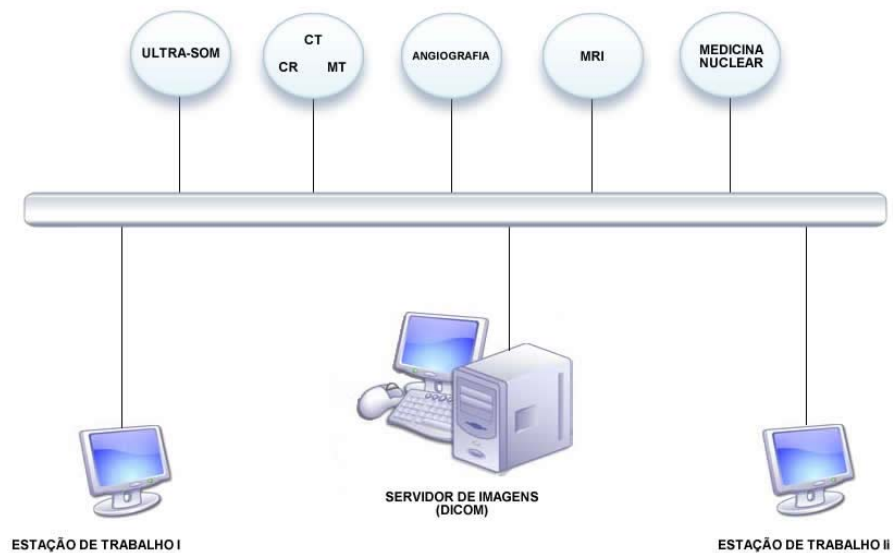


Figura 05: Estrutura de um PACS.

Para acesso ao PACS em locais fora do domínio físico da instituição de saúde, convém o uso de PACS baseados em arquitetura web, que são conhecidos como webpacs.

4 COMPRESSÃO DE IMAGENS

Segundo (GOMES, 1994, p.162), de acordo com as especificações, uma imagem pode ocupar menos ou mais espaço de armazenamento que outra. A área de compressão de imagens trata exatamente do problema de armazenamento. Dada uma imagem com certa especificação, os métodos de compressão têm por finalidade obter outra especificação desta mesma imagem, que ocupe o menor espaço de armazenamento.

A compressão de uma imagem é possível porque as imagens, em geral, apresentam um alto grau de coerência, que se traduz em uma redundância de informação, não percebida pelo olho humano, quando codificada. Por meio da eliminação da redundância, os métodos de compressão visam produzir, códigos mais compactos que preservem as informações essenciais contidas na imagem.

A compressão pode ser classificada em dois tipos: com perda e sem perda. A definição do tipo de compressão a ser utilizada, depende diretamente do tipo de aplicação. No caso de imagens médicas, deve-se considerar que dependendo das estruturas que se pretende visualizar nas imagens, como texturas ou cores, o nível de compressão deve ser obtido da forma o mais coerente possível. Já para a visualização de forma, determinados níveis de perda são aceitáveis, pois não prejudicam a visualização. De acordo com (OLIVEIRA FILHO, 1998), no protocolo DICOM, por exemplo, a compressão com perda é aceitável para imageamento ultrasonográfico, mas não é aceitável para imageamento cardíaco por raios-x.

4.1 COMPRESSÃO COM PERDA

A compressão com perda utiliza-se de codificadores conhecidos como quantizadores, devido os dados da imagem original serem submetidos a um processo de quantização.

Na compressão com perda as taxas de compressão são maiores do que na compressão sem perda, e isto resulta em perda de fidelidade da informação, pois a imagem convertida será apenas uma aproximação da original e não igual.

É importante notar que o efeito da compressão com perda depende da qualidade dos dados. Imagens ruidosas tendem a ser comprimidas sem a introdução

de artefatos acentuados, enquanto imagens com pouco ruído são mais suscetíveis a artefatos.

4.2 COMPRESSÃO SEM PERDA

A compressão sem perda utiliza-se de codificadores universais ou compactadores de imagem. Neste processo de compressão as taxas de compressão são menores do que no processo de compressão com perda, devido ao limite entrópico do conjunto de dados. A entropia do conjunto de dados pode ser definida como a quantidade real de informação presente no conjunto de dados codificado em relação ao original.

A compressão sem perda permite a recuperação exata dos dados da imagem original, logo o processo de compressão pode ser classificado como reversível.

4.3 TÉCNICAS DE COMPRESSÃO

Há várias técnicas de compressão de imagem, que removem as redundâncias presentes em uma imagem. A compressão JPEG se destaca pelas altas taxas de compressão que obtêm, mantendo uma boa qualidade de imagem.

A compressão JPEG utiliza a *Discrete Cosine Transform* (DCT), que possui como ponto forte a fácil implementação e a capacidade de reduzir a redundância espectral dos pixels da imagem.

Em uma compressão por transformada é utilizada uma transformação linear inversível no mapeamento da imagem para um conjunto de coeficientes, que sofrem um processo de quantização e codificação. No caso da compressão JPEG, os coeficientes podem ser codificados utilizando-se a codificação de Huffman ou a codificação aritmética.

A figura 06 apresenta um esquema básico de codificação por transformada.

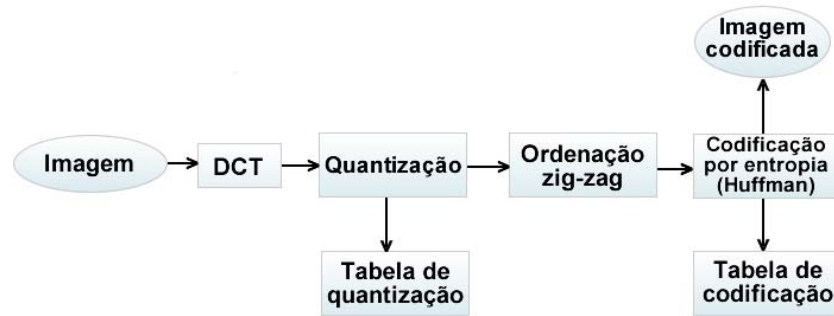


Figura 06. Esquema básico de codificação por transformada.

4.3.1 Transformada Discreta do Cosseno

A DCT converte um bloco de pixels em uma matriz de coeficientes, efetuando a descorrelação da informação da imagem. A descorrelação é compreendida como sendo a separação da imagem em sub-bandas espectrais que possuem importâncias diversas, segunda as redundâncias, como brilho e cor. Neste processo, a DCT transporta uma imagem do domínio espacial para o domínio de freqüências.

A DCT é definida pela expressão (4.1):

$$C(i, j) = \alpha(i)\alpha(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right) \quad (4.1)$$

Onde

$$\alpha(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}} & \text{se } x = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{se } x = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

C representa a DCT, f corresponde aos valores da imagem original e N é a dimensão da imagem.

Para aplicar a DCT em uma imagem é necessário dividi-la em blocos não sobrepostos. Isto possibilita uma melhor taxa de compressão e uma maior rapidez no processamento desses dados. Os blocos podem ser de 4x4, 8x8, 16x16, 32x32 ou 64x64 pixels. O tamanho dos blocos reflete na taxa de compressão, pois quanto

maior um bloco, menor será a taxa de compressão. Para o padrão JPEG o tamanho do bloco corresponde a 8x8.

Após a divisão dos blocos, os coeficientes iniciais destes armazenam informações sobre a imagem, logo é necessário garantir que certo número de coeficientes de baixa posição sejam armazenadas.

Devido a DCT fornecer uma série de cossenos, os coeficientes diminuem em amplitude à medida que os índices aumentam. Por isso, é possível quantizar os coeficientes por zona, descartando os menos significantes e conseguindo o principal ganho na taxa de compressão.

Em uma imagem no padrão JPEG, com bloco 8x8, cada um dos 64 elementos do bloco apresentará um valor no intervalo de 0 a 255. Estes valores são deslocados para o intervalo de -128 a 127. O deslocamento deve ser feito antes da aplicação da transformada, já que este causa a redução de magnitude do primeiro coeficiente da DCT. No entanto, a redução ocorre apenas no primeiro coeficiente.

É importante lembrar que a DCT não compacta os dados. A análise dos valores resultantes da DCT é que permite escolher os dados que podem ser descartados sem perda visível da qualidade da imagem.

4.3.2 Quantização

A etapa de quantização é compreendida pelo aumento do número de coeficientes com valor zero, valendo-se da redução da amplitude dos coeficientes que contribuem pouco para a qualidade da imagem.

Além disso, a quantização descarta informações que não são visualmente significativas.

Os coeficientes resultantes da etapa de DCT são transformados de acordo com a expressão (4.2):

$$CQ(i, j) = \text{round}[C(i, j) / Q(i, j)] \quad (4.2)$$

onde os valores $C(i, j)$ constituem a tabela de quantização. Cada um dos elementos $Q(i, j)$ é um número inteiro dentro do intervalo [1,255].

O padrão JPEG permite até quatro tabelas de quantização.

Após a quantização, os coeficientes obtidos são reordenados em zig-zag, indo da posição inicial até a final da matriz, para que assim a codificação seja mais eficiente, pois um número maior de coeficientes nulos será alcançado numa mesma varredura. Para uma matriz do padrão JPEG de 8x8, a posição inicial será (0,0) e a final (0,7).

4.3.3 Codificação

Como visto anteriormente, o JPEG especifica dois métodos que podem ser usados na etapa de codificação: o algoritmo de Huffman ou a codificação aritmética. Este trabalho descreve o funcionamento do codificador Huffman.

A codificação de Huffman utiliza a probabilidade de ocorrência dos símbolos no determinado conjunto de dados que irá sofrer a compressão, para a definição dos códigos de tamanho variável para cada símbolo.

A partir das probabilidades de ocorrência dos símbolos e da junção dos dois símbolos que possuem menor probabilidade, que são somados em símbolos auxiliares e estes tomando parte no conjunto de símbolos, a árvore de Huffman é recursivamente formada. O processo é finalizado quando todos os símbolos forem unidos na forma de símbolos auxiliares, resultando em uma árvore binária. A árvore então é percorrida e para cada uma de suas arestas um valor binário, zero ou um, é atribuído, gerando os códigos a partir deste percurso.

A codificação de Huffman produz uma redução de aproximadamente 25% no tamanho de arquivos de imagem, podendo aumentar até 60% em casos de imagens com pouca variação nas suas cores e tons. Os melhores desempenhos da codificação de Huffman acontecem quando as probabilidades de ocorrência dos símbolos são potências negativas de base dois. Outra vantagem da codificação Huffman é que a codificação gerada não é ambígua, pois nenhum código pode ser o prefixo de qualquer outro código.

5 PADRÃO JPEG

Este capítulo aborda o padrão JPEG, escolhido para este trabalho, pois é um padrão que possui taxas razoáveis de transmissão em aplicações com arquitetura web. Além disso, o algoritmo de compressão JPEG é o único aprovado pelo DICOM-3 para armazenamento de imagens médicas (RICKE, 1998), com recomendação para que seja sem perda usando uma taxa máxima de compressão de 2:1 (SILBER, 1997).

5.1 JPEG

O padrão JPEG foi desenvolvido em 1991, *pelo International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission (ISO/IEC) e International Telecommunications Union - TeleServices (ITU-TS)*. A norma que regulariza os algoritmos de compressão desse formato é denominada ISO/IEC 10981-1.

É importante lembrar, que o JPEG, a rigor, não é um formato de arquivos, mas uma família de algoritmos de compressão. Inicialmente, o comitê criador do JPEG não estabeleceu nenhum padrão para o formato de arquivos a ser utilizado. O que se conhece como arquivo JPEG, na verdade é um formato de arquivo chamado *JPEG File Interchange Format (JFIF)*, definido pela C-Cube Microsystems e que se tornou popular pelo nome de formato JPEG. (MARQUES, 1999, p. 273)

Atualmente, o JPEG é um dos algoritmos mais populares e seu sistema de compressão possui como base a DCT. Em consequência, da sua popularidade, o JPEG é encontrado em diversas aplicações, principalmente nas voltadas para a web.

O JPEG é otimizado para imagens em tons contínuos de cores ou níveis de cinza, sem bordas abruptas. Este formato apesar de suportar os modos de cores *Cyan, Magenta, Yellow, and Key (black) (CMYK)*, *Red, Green and Blue (RGB)* e Grayscale não possui suporte a canais alpha.

5.1.1 Modos de Operação

O JPEG permite que o usuário defina a taxa de compressão, a ser utilizada, em relação à qualidade da imagem resultante. A definição da taxa é feita por meio de modificações nos parâmetros do codificador. Devido à permissão de definição de taxa, o JPEG pode operar com uma grande faixa de qualidade de imagens.

O padrão JPEG possui quatro modos de operação: seqüencial, progressivo, hierárquico e sem perdas.

- Seqüencial: É um modo com perdas, no qual a imagem é codificada em uma única varredura, da esquerda para a direita e de cima para baixo. Além disso, este modo, também, é chamado *baseline* por ser um modo básico que deve estar presente em qualquer implementação com JPEG.
- Progressiva: É outro modo de codificação com perda, baseado em DCT expandida. Neste modo a imagem é codificada em múltiplas varreduras, aumentando a qualidade e resolução a cada nova varredura. Logo na primeira varredura, já é possível ter a imagem completa, entretanto de menor qualidade. O número mínimo de varreduras é dois, porém devido a sua complexidade, exige melhores capacidades de processamento do que a codificação seqüencial. Este trabalho utiliza da compressão JPEG com o modo de operação progressiva.

A operação progressiva pode ser executada por seleção espectral, aproximação sucessiva ou por combinação de ambas. Na seleção espectral, os coeficientes da DCT são agrupados em diversas faixas espectrais: coeficientes que representam baixas freqüências são enviados por primeiro. Já na aproximação sucessiva, todos os coeficientes da DCT são enviados inicialmente com baixa precisão e posteriormente os valores são refinados a cada varredura.

- Hierárquica: O modo de operação hierárquico é similar ao modo progressivo, entretanto neste caso a imagem é subdividida em frames. Cada frame é o conjunto de uma ou mais varreduras. Similar ao modo progressivo, o primeiro frame gera uma versão simples e disforme da imagem, entretanto a qualidade é aprimorada nos frames seguintes.

O modo de operação hierárquico trata de uma codificação piramidal com resoluções espaciais múltiplas. Como desvantagem possui a exigência de uma maior capacidade de processamento, maior quantidade de dados transmitidos e uma menor taxa de compressão.

- Sem perda: A compressão sem perda é baseada em codificação preditiva. No lugar de se codificar o valor da amostra, codifica-se a diferença entre o valor real e o valor previsto, por meio de algoritmos por entropia.

5.1.2 Funcionamento

O JPEG implementa tanto compressão com perda quanto compressão sem perda, entretanto é fundamentalmente uma técnica de compressão com perdas, baseado na DCT.

Em relação às taxas de compressão do JPEG, 10:1 é considerada baixa e a imagem gerada possui uma ótima qualidade. 30:1 apresenta uma qualidade média da imagem e os blocos começam a ser tornarem visíveis. A taxa de 200:1 é considerada alta e a imagem apresenta pouca qualidade. A possibilidade de escolher níveis progressivos de compressão é uma das vantagens do JPEG.

As imagens em tons de cinza, como imagens no formato DICOM, não podem ser comprimidas a taxas tão elevadas, pois o olho humano é mais sensível a variações de brilho do que variações de cor.

A compressão JPEG é o tipo de compressão escolhido na maior parte dos hospitais para diminuir a carga da rede e o volume de armazenamento, sendo usual a média de compressão de 10:1.

O funcionamento do JPEG é compreendido da seguinte maneira: A imagem da entrada é decomposta em blocos com tamanho N , o padrão adotado é de 8×8 , após isso estes, por meio da DCT, são transformados para o domínio da frequência. A DCT separa as componentes de alta e baixa frequência da imagem, sendo que as de alta frequência podem ser selecionadas e modificadas, dependendo da qualidade a ser alcançada no processo.

Um sinal discreto contendo 64 pontos após ser transformado se torna uma função com duas dimensões espaciais, x e y . Os coeficientes dessa função são

chamados de coeficientes DCT. Com um bloco padrão 8x8 esses coeficientes terão seus valores próximos de zero, logo não apresentam necessidade de modificação.

Após a etapa da DCT, os coeficientes são quantificados por valores contidos em uma tabela de quantificação, especificada pela taxa de compressão. O processo de quantificação reduz a amplitude dos coeficientes que apresentam redundâncias, não afetando de maneira prejudicial à imagem resultante. Essa redução termina por aumentar o número de coeficientes nulos.

Ao final da quantização, os coeficientes DCT são reordenados em uma sequência zig-zag, podendo assim ser obtida uma sequência unidimensional dos dados que serão utilizados na codificação por entropia.

A última etapa do funcionamento do JPEG corresponde à codificação por entropia, que gera uma compressão adicional ao processo. Como dito anteriormente, a codificação pode ser por algoritmo de Huffman ou codificação aritmética.

6 CONVERSÃO ENTRE IMAGENS

Neste trabalho a conversão de imagens deve ser compreendida como a transformação de uma imagem de um formato em outro. Um dos motivos para se converter uma imagem seria a redução do seu tamanho em termos de espaço de armazenamento.

Dessa forma, priorizou-se a conversão das imagens médicas no formato DICOM para o formato JPEG, pois as imagens no formato DICOM possuem alta resolução e necessitam de grande espaço para armazenamento. Além disso, em uma aplicação web, dependendo da velocidade da conexão, a transmissão de uma imagem no formato DICOM pode ser lenta. Já no formato JPEG, a imagem é transmitida com uma taxa de rapidez maior e ocupa menos largura de banda em servidores web.

É importante ressaltar que muitos formatos de imagens empregam técnicas de compressão durante a conversão.

A tabela 1 mostra a resolução e o espaço de armazenamento necessário para determinados tipos de imagens médicas.

Tipo de Imagem	Resolução Típica	Espaço
Radiografia	2048x2048x12 bits	32 MB
Tomografia Computadorizada	512x512x12xnº imagens	15 MB
Ressonância Magnética	256x256x12x50 imagens	6,3 MB
Ultrassom	256x256x8 bits	1,5 MB

Tabela 1: Amostragem típica de imagens provenientes de aparelhos médicos, com suas respectivas resoluções e espaço utilizado para armazenamento.

Fonte: HENRIQUE NETO, Geraldo; OLIVEIRA, Wdson.

7 PROJETO DE CONVERSÃO

O início do projeto de conversão deste trabalho compreendeu em uma pesquisa de campo (Anexo 1) na instituição de saúde Hospital Porto Dias, localizada na cidade de Belém.

Nesta pesquisa, profissionais de saúde de várias especialidades foram questionados quanto à possibilidade de visualizar e identificar patologias em imagens no formato JPEG. Para isto foi apresentada uma imagem médica, tanto no formato original DICOM, quanto no formato JPEG. A imagem no formato JPEG foi obtida por meio de uma conversão utilizando o programa de visualização de imagens médicas, eFILM (Merge Healthcare).

Os especialistas declararam que é possível visualizar patologias, que envolvam as estruturas de uma imagem, em uma imagem médica no formato JPEG. Entretanto, não há possibilidade de se obter laudos por meio de uma imagem JPEG, devido este formato não oferecer a manipulação que o formato DICOM oferece como monitoramento de brilho, contraste, zoom e rotação, que são elementos importantes quando se tem a necessidade de identificar estruturas em que textura e cor são essenciais.

Para a o desenvolvimento do projeto de conversão foi utilizada a ferramenta MATLAB®. Essa ferramenta consiste em um programa interativo de alto desempenho que permite que matrizes sejam visualizadas como imagens. Além disso, possui um toolbox de processamento de imagem que oferece suporte ao formato DICOM. O toolbox de processamento de imagens do MATLAB® é uma coleção de funções que estendem a capacidade do MATLAB®. O toolbox suporta uma vasta extensão de imagens que processam operações, por exemplo: transformadas espaciais de imagens, operações morfológicas e análise.

7.1 PROCEDIMENTOS

Como mencionado anteriormente para a conversão, neste trabalho, adotaram-se imagens na modalidade de exame de raios-x.

Os procedimentos para o processo de conversão foram: leitura de uma imagem no formato DICOM, extração de informações que foram necessárias para

armazenamento no banco de dados e posterior recuperação utilizando o protótipo de webpacs, conversão de formatos e armazenamento na base de dados do local no disco, no qual a imagem no formato JPEG foi gravada.

Para o armazenamento das informações retiradas da imagem no formato DICOM e do local de armazenamento da imagem convertida no disco, foi necessário que o MATLAB® se conectasse ao banco de dados. Para isto, neste trabalho foi utilizado um toolbox, mYm, que funciona como uma interface entre o MATLAB® e MySQL. O mYm é baseado no toolbox original “MATLAB and MySQL” de Robert Almgren e permite múltiplas conexões ao MySQL (mYm).

Os arquivos no formato DICOM contêm metadados que provêm informações a respeito das imagens, como tamanho, dimensão, modalidade do exame, equipamento utilizado para geração da imagem, nome do paciente e outras informações sobre o estudo. As especificações do DICOM definem muitos destes campos do metadados, entretanto alguns arquivos podem conter campos adicionais, chamados de metadados privado.

Para efeito de extração de informação e posterior armazenamento no banco de dados, neste trabalho foram utilizados apenas os atributos: *PatientName*, *PatientID*, *PatientBirthDate*, *PatientSex*, *Modality*, *StudyDate*, *StudyID* e *SOPInstanceUID*, que representa respectivamente o nome do paciente, número de identificação do paciente, data de nascimento do paciente, sexo do paciente, modalidade do exame, data do exame, número de identificação do exame e número de identificação da imagem.

7.2 ALGORITMO DE CONVERSÃO

O algoritmo de conversão proposto nesse trabalho é capaz de ler uma série de imagens presentes em uma pasta de um exame de raios-x e efetuar a conversão, extração e armazenamento das informações necessárias para funcionamento do webpacs.

A primeira fase do funcionamento do algoritmo de conversão compreende a leitura das imagens em DICOM presentes na pasta do exame que está sendo analisada.

A segunda fase compreende a extração das informações necessárias acerca do paciente e do exame.

Já a terceira fase do funcionamento compreende a conversão dos formatos. Primeiramente, foi adotada a conversão da imagem DICOM para o tipo *Double*, pois facilita a conversão de DICOM para JPEG, já que a função *im2double* manipula qualquer tipo de imagem. Além disso, a conversão para o tipo *Double* possibilitou que os valores de todos os pixels da imagem fossem normalizados dentro de um intervalo de 0 a 1, com 256 valores nesta escala, no qual os pixels com valor 0 indicam preto, os pixels com valor 1 indicam branco e os demais valores são tonalidades de cinza variado entre 0 e 1.

```
W = im2double(imagemDICOM);  
imwrite(imadjust(W), fullfile('C:\prototipo\imagensJPG', num2str(idExame), '1.jpg'),  
'jpg');
```

Após a conversão para o tipo *Double*, a imagem é ajustada em intensidade (*imadjust(W)*) e escrita na pasta de imagens convertidas que o protótipo utiliza para recuperar as imagens e exibí-las aos profissionais de saúde.

A quarta fase do algoritmo corresponde à conexão do MATLAB® ao banco de dados, na qual são salvas nas devidas tabelas as informações extraídas das imagens. Em relação às imagens convertidas, no banco de dados, foi definido, neste trabalho, que seria armazenado apenas uma referência do local de armazenamento das imagens no disco rígido, pois apesar do MySQL suportar atributos do tipo BLOB, armazenar muitas imagens em um banco de dados pode acarretar em sobrecarga do banco de dados, conseqüentemente torná-lo lento para acesso.

7.3 RESULTADOS OBTIDOS

Após a aplicação do algoritmo de conversão, as imagens convertidas foram comparadas às imagens originais no formato DICOM.

A figura 07 ilustra em (a) uma imagem original no formato DICOM de um raio-x com prótese coxofemoral e em (b) a imagem convertida para o formato JPEG. Já a figura 08 ilustra em (a) uma imagem original no formato DICOM de um raio-x da

coluna lombo sacra com incidência pósterio-anterior e em (b) a imagem convertida para o formato JPEG.

Observou-se, em ambas as figuras, 07 e 08, que as imagens convertidas apresentam uma diferença de intensidade de luz em relação às imagens no formato DICOM.

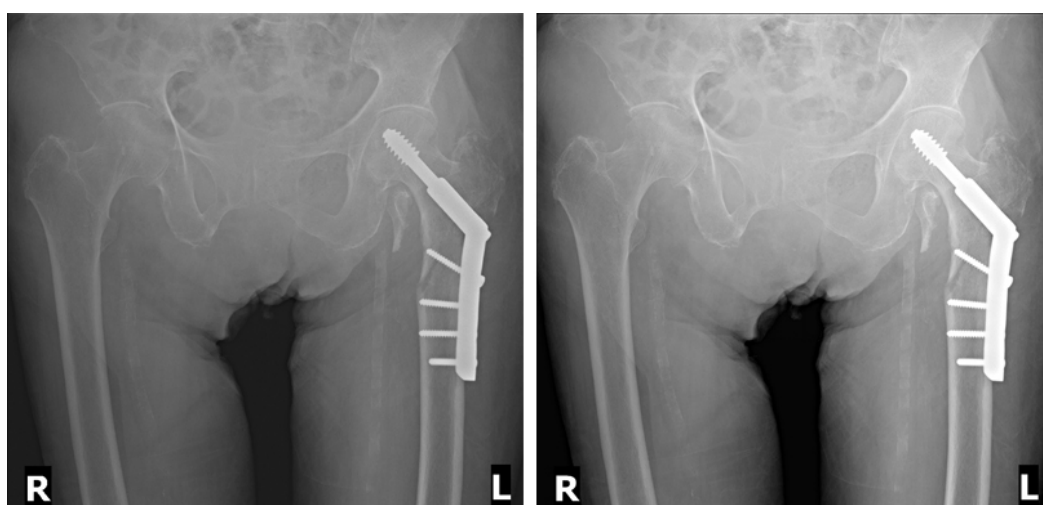


Figura 07: (a) Imagem no formato DICOM. (b) Imagem no formato JPEG.

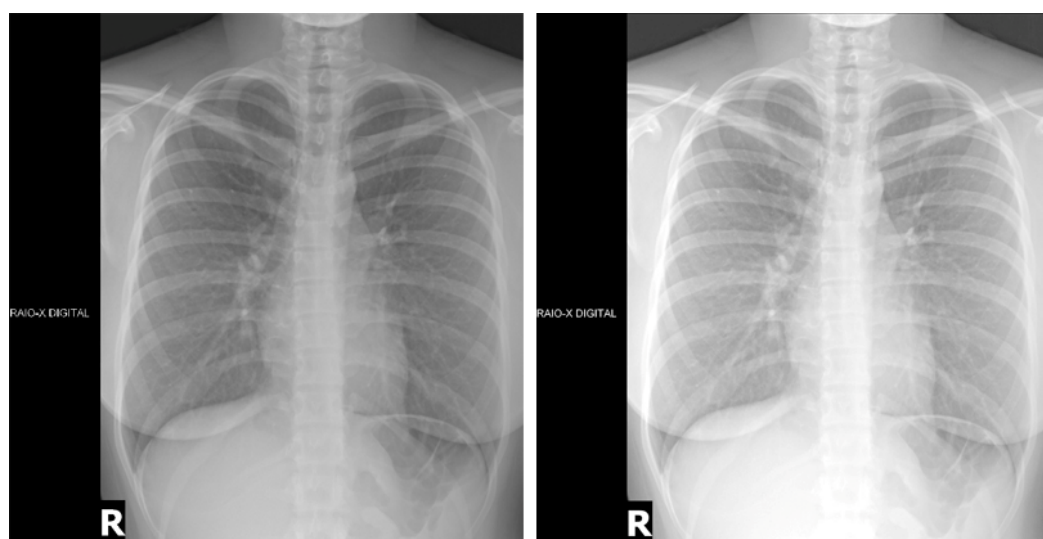


Figura 08: (a) Imagem no formato DICOM. (b) Imagem no formato JPEG.

Além disso, foi observado que as imagens reduziram significativamente de tamanho, atingindo uma das metas da conversão, ou seja, a diminuição de espaço em disco ocupado por uma imagem. A imagem representada na figura 07 no formato DICOM possuía 12,6MB, em JPEG passou a ter 372KB. Já a imagem representada na figura 08, em formato original possuía 13,3MB, em JPEG 269KB.

8 PROTÓTIPO DE WEBPACS

O protótipo webpacs foi implementado na linguagem PHP5, que é uma linguagem extremamente modularizada e livre, o que a torna ideal para instalação e uso em servidores web. Esta linguagem foi desenvolvida especialmente para criação de páginas dinâmicas para web.

O PHP é uma linguagem muito parecida, em tipos de dados, sintaxe e mesmo funções, com a linguagem C e com a C++. Além disso, o PHP pode, dependendo da configuração do servidor, ser embarcada no código *HyperText Markup Language* (HTML). A diferença entre o PHP e as outras linguagens é justamente a agilidade e rapidez de se desenvolver sistemas, e se não bastasse o uso do PHP já é muito difundido na internet. Existe uma vasta quantidade de páginas dinâmicas e sistemas web rodando na internet. Há versões do PHP disponíveis para os seguintes sistemas operacionais: Windows, Linux, FreeBSD, Mac OS, OS/2, AS/400, Novell Netware, RISC OS, IRIX e Solaris. Neste trabalho, utilizou-se a versão para o sistema operacional Microsoft Windows.

O banco de dados integrado ao protótipo é o MySQL. No banco de dados são armazenadas as informações retiradas do metadados das imagens DICOM e o local de armazenamento da imagem convertida. O banco de dados MySQL foi escolhido, pois possui fácil integração com o PHP e servidor Apache, além de ter como principais características, a portabilidade, ser software livre, possuir facilidade de uso, compatibilidade com o PHP, exigir poucos recursos computacionais e possuir fácil configuração.

Para gerenciamento do banco de dados, neste trabalho, foi utilizado o PHPMyadmin, que possui uma interface web e tem total integração com o PHP e o MySQL. Além disso, o PHPMyadmin possui facilidades de operação de banco de dados como inserção, alteração e remoção de tabelas.

O protótipo de webpacs foi executado sob o servidor web Apache, que é um dos mais bem sucedidos servidores web livre. O servidor é compatível com o *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) versão 1.1.

8.2 FUNCIONALIDADE DO PROTÓTIPO

O protótipo possui *Uniform Resource Locator* (URL) amigável, que facilita a navegação do usuário final no sistema. O acesso inicial ao protótipo é feito por uma tela de login, apresentada na figura 10, que requer que o usuário seja cadastrado no sistema.



A tela de login do protótipo de webpacs. No topo, há uma barra de navegação com o link "Ajuda". Abaixo, o título "PROTÓTIPO WEBPACS" é exibido, seguido pelos nomes dos desenvolvedores: "Cassio Diego | Patricia Daibes | Jailton Wagner". O formulário de login contém dois campos de entrada: "Nome:" e "Senha:", ambos com botões de seta para alternar entre maiúsculas e minúsculas. Um botão "Entrar" está à direita dos campos. No rodapé, há uma linha de copyright: "Copyright © 2008 PROTÓTIPO WEBPACS, Todos direitos reservados."

Figura 10. Tela de login do protótipo de webpacs.

Existem dois tipos de usuários: administrador e usuário geral. A diferença entre o tipo administrador e o tipo usuário geral está no privilégio que o administrador possui de adicionar novos usuários gerais ao sistema, como demonstrado na figura 11.



A tela de cadastro de novos usuários gerais ao sistema. No topo, há uma barra de navegação com o link "Ajuda". Abaixo, o título "PROTÓTIPO WEBPACS" é exibido, seguido pelos nomes dos desenvolvedores: "Cassio Diego | Patricia Daibes | Jailton Wagner". Uma barra de navegação secundária contém os links: "INÍCIO", "PESQUISAR EXAME", "ADICIONAR USUÁRIO" (destacado) e "SAIR DO SISTEMA". O conteúdo principal começa com a mensagem "Bem-Vindo Administrador!". Abaixo, há um formulário com três campos de entrada: "Nome", "Senha" e "Login", cada um com um botão de seta para alternar entre maiúsculas e minúsculas. Um botão "Adicionar" está à direita dos campos. No rodapé, há uma linha de copyright: "Copyright © 2008 PROTÓTIPO WEBPACS, Todos direitos reservados."

Figura 11. Tela de cadastro de novos usuários gerais ao sistema.

Após efetuar a entrada no sistema, é apresentado ao usuário uma tela de boas-vindas e o menu de acesso do sistema. O menu está disposto na parte superior e oferece a possibilidade do usuário retornar a página inicial, ir à página de pesquisa de exames e sair do sistema. A opção adicionar usuário somente é exibida para administradores. A figura 12 ilustra a tela de boas-vindas e menu do protótipo.



Figura 12. Tela de boas-vindas e acesso as opções do sistema.

Ao acionar a opção de pesquisar exame, o usuário é direcionado a uma página de pesquisa, ilustrada na figura 13, que oferece três tipos de consulta no banco de dados: pesquisa por nome, pesquisa por id do paciente e pesquisa por id do exame, como demonstrado nas figuras 14, 15 e 16 respectivamente.



Figura 13. Tela de pesquisa do protótipo.

A pesquisa por nome de paciente possui um recurso em *Asynchronous Javascript And XML* (AJAX) de auto-completar os nomes, oferecendo maior usabilidade aos usuários do sistema, pois é preciso, somente, informar as iniciais do nome do paciente e o sistema retorna os nomes completos, bastando, assim, o usuário clicar no paciente desejado para selecionar.

A interface de pesquisa por nome de paciente no sistema PROTO TIPO WEBPACS. No topo, há uma barra de navegação com o link 'Ajuda' e o título 'PROTO TIPO WEBPACS' seguido pelos nomes dos desenvolvedores: Cassio Diego, Patricia Daibes e Jailton Wagner. Abaixo, uma barra de menu contém os links: INÍCIO, PESQUISAR EXAME, ADICIONAR USUÁRIO e SAIR DO SISTEMA. O corpo da página começa com a mensagem 'Bem-Vindo Administrador!'. A seção de pesquisa possui um formulário com o rótulo 'Pesquisar:' e um menu suspenso selecionando '- POR NOME'. Ao lado, há um campo de texto onde 'MA' foi digitado, e uma lista de sugestões com 'MARIA CAMPOS' destacada em azul. Um botão 'Pesquisar' está à direita. No rodapé, o texto 'Copyright © 2008 PROTO TIPO WEBPACS' e 'Todos os direitos reservados.' são visíveis.

Figura 14. Tela de pesquisa por nome do paciente.

A interface de pesquisa por código de identificação do paciente no sistema PROTO TIPO WEBPACS. A estrutura é idêntica à da Figura 14, com a mesma barra de navegação e menu. No formulário de pesquisa, o menu suspenso está configurado para '- POR ID DO PACIENTE' e o campo de texto contém o código '238723A'. O botão 'Pesquisar' permanece à direita. O rodapé mantém a mesma informação de copyright.

Figura 15. Tela de pesquisa por código de identificação do paciente.



PROTÓTIPO WEBPACS
Cassio Diego | Patricia Daibes | Jailton Wagner

INÍCIO PESQUISAR EXAME ADICIONAR USUÁRIO SAIR DO SISTEMA

Bem-Vindo Administrador!

Pesquisar: - POR ID DO EXAME 7395

Copyright © 2008 **PROTÓTIPO WEBPACS**, Todos direitos reservados.

Figura 16. Tela de pesquisa por código de identificação do exame.

Após os parâmetros de pesquisa serem submetidos, o sistema retorna os valores adicionados no banco pela aplicação do MATLAB®. As figuras 17, 18 e 19 ilustram a tela exibida apresentada aos usuários, após a pesquisa de acordo com o parâmetro escolhido, composta por informações referentes aos dados do paciente e logo em seguida os dados referentes ao exame e as imagens correspondentes.



PROTÓTIPO WEBPACS
Cassio Diego | Patricia Daibes | Jailton Wagner

INÍCIO PESQUISAR EXAME ADICIONAR USUÁRIO SAIR DO SISTEMA

Bem-Vindo Administrador!

Pesquisar: CRITÉRIO DE PESQUISA

RESULTADO DA PESQUISA POR NOME DO PACIENTE

ID Paciente:	238723A
Paciente:	MARIA CAMPOS
Sexo:	F
Nascimento:	1989-08-11
ID Exame:	7395
Data do exame:	2008-10-21
Modalidade:	CR
Comentário:	[VISUALIZAR INSERIR]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.1
Imagem:	[VISUALIZAR DOWNLOAD IMAGEM DICOM]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.3
Imagem:	[VISUALIZAR DOWNLOAD IMAGEM DICOM]

Figura 17. Tela com informações recuperadas pelo nome do paciente.

Ajuda

PROTÓTIPO WEBPACS

Cassio Diego | Patricia Daibes | Jailton Wagner

INÍCIO

PESQUISAR EXAME

ADICIONAR USUÁRIO

SAIR DO SISTEMA

Bem-Vindo Administrador!

Pesquisar:

CRITÉRIO DE PESQUISA

Pesquisar

RESULTADO DA PESQUISA POR ID DO PACIENTE

ID Paciente:	238723A
Paciente:	MARIA CAMPOS
Sexo:	F
Nascimento:	1989-08-11

ID Exame:	7395
Data Exame:	2008-10-21
Modalidade:	CR
Comentário:	[VISUALIZAR] [INSERIR]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.1
Imagem:	[VISUALIZAR] [DOWNLOAD IMAGEM DICOM]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.3
Imagem:	[VISUALIZAR] [DOWNLOAD IMAGEM DICOM]

Figura 18. Tela com informações recuperadas pelo código do paciente.

Ajuda

PROTÓTIPO WEBPACS

Cassio Diego | Patricia Daibes | Jailton Wagner

INÍCIO

PESQUISAR EXAME

ADICIONAR USUÁRIO

SAIR DO SISTEMA

Bem-Vindo Administrador!

Pesquisar:

CRITÉRIO DE PESQUISA

Pesquisar

RESULTADO DA PESQUISA POR ID DO EXAME

ID Exame:	7395
Data Exame:	2008-10-21
Modalidade:	CR
Comentário:	[VISUALIZAR] [INSERIR]

ID Paciente:	238723A
Paciente:	MARIA CAMPOS
Sexo:	F
Nascimento:	1989-08-11
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.1
Imagem:	[VISUALIZAR] [DOWNLOAD IMAGEM DICOM]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.3
Imagem:	[VISUALIZAR] [DOWNLOAD IMAGEM DICOM]

Figura 19. Tela com informações recuperadas pelo código do exame.

Para cada exame, é possível que o usuário insira ou visualize um comentário já inserido, facilitando, assim, a interação entre os profissionais de saúde. As figuras 20 e 21 ilustram, respectivamente, a inserção e exibição de comentário.

The screenshot shows the 'PROTÓTIPO WEBPACS' web application. A modal window titled 'Inserir' is open, allowing the user to add a comment to an exam. The modal contains a text area with the text 'Coluna lombo sacra com incidências póstero-anterior e perfil.' and an 'Adicionar' button. The background interface shows a sidebar with navigation links (INÍCIO, PESQUISAR, ADICIONAR USUÁRIO, SAIR DO SISTEMA) and a main area displaying patient and exam details for ID 7395.

PROTÓTIPO WEBPACS	
Cassio Diego Patrícia Daibes Jailton Wagner	
INÍCIO	PESQUISAR
Bem-Vindo Administrador!	
Pesquisar:	Adicionar
ID Paciente:	
Paciente:	
Sexo:	
Nascimento:	
ID Exame:	
Data do exame:	
Modalidade:	
Comentário:	[VISUALIZAR] [INSERIR]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.1
Imagem:	[VISUALIZAR] [DOWNLOAD IMAGEM DICOM]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.3
Imagem:	[VISUALIZAR] [DOWNLOAD IMAGEM DICOM]

Figura 20. Tela de inserção de comentário em um exame.

The screenshot shows the 'PROTÓTIPO WEBPACS' web application. A modal window titled 'Visualizar' is open, displaying the comment 'Coluna lombo sacra com incidências póstero-anterior e perfil.' for exam ID 7395. The background interface shows the same sidebar and main area, but the 'Comentário' field now displays the comment text instead of the 'INSERIR' button.

PROTÓTIPO WEBPACS	
Cassio Diego Patrícia Daibes Jailton Wagner	
INÍCIO	PESQUISAR EXAME
ADICIONAR USUÁRIO	SAIR DO SISTEMA
Bem-Vindo Administrador!	
Pesquisar:	Pesquisar
ID Paciente:	
Paciente:	
Sexo:	F
Nascimento:	1989-08-11
ID Exame:	7395
Data do exame:	2008-10-21
Modalidade:	CR
Comentário:	[VISUALIZAR] [INSERIR]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.1
Imagem:	[VISUALIZAR] [DOWNLOAD IMAGEM DICOM]
ID Imagem:	1.2.826.0.1.3680043.1.1.06110087.20081021.125621.0.0.3
Imagem:	[VISUALIZAR] [DOWNLOAD IMAGEM DICOM]

Figura 21. Tela de visualização de comentário em um exame.

Quanto às imagens de um exame, é oferecida a opção de visualizar a imagem (no formato JPEG) ou efetuar o download da imagem original (no formato DICOM). A figura 22 ilustra uma imagem no formato JPEG sendo exibida ao usuário do sistema e a figura 23 ilustra a tela de download da imagem original no formato DICOM. Além disso, as imagens convertidas em JPEG são exibidas, utilizando-se um recurso slide show, ou seja, é possível que o usuário utilize setas de navegação para visualizar todas as imagens correspondentes a um exame.

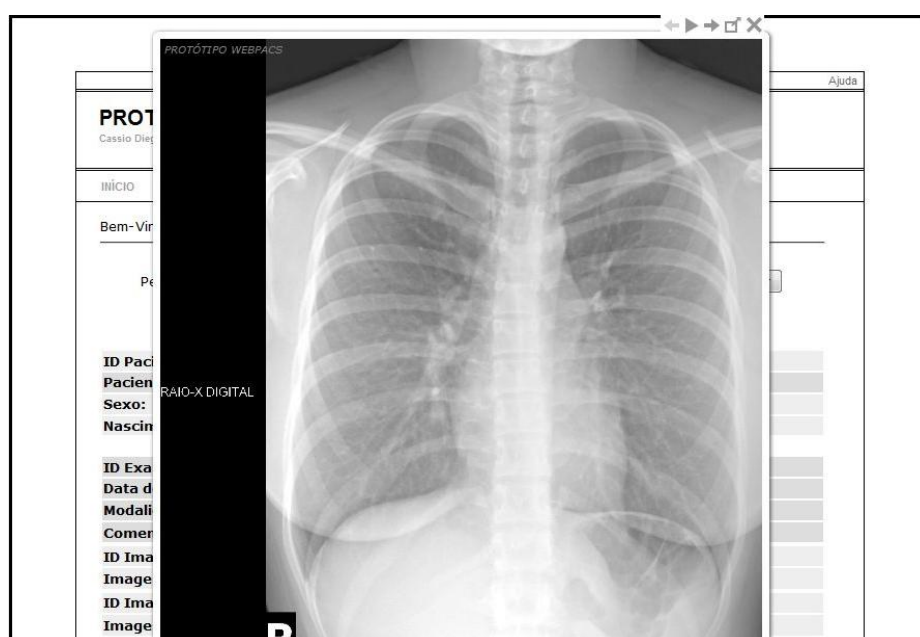


Figura 22. Tela de exibição da imagem JPEG com recurso de slide show.

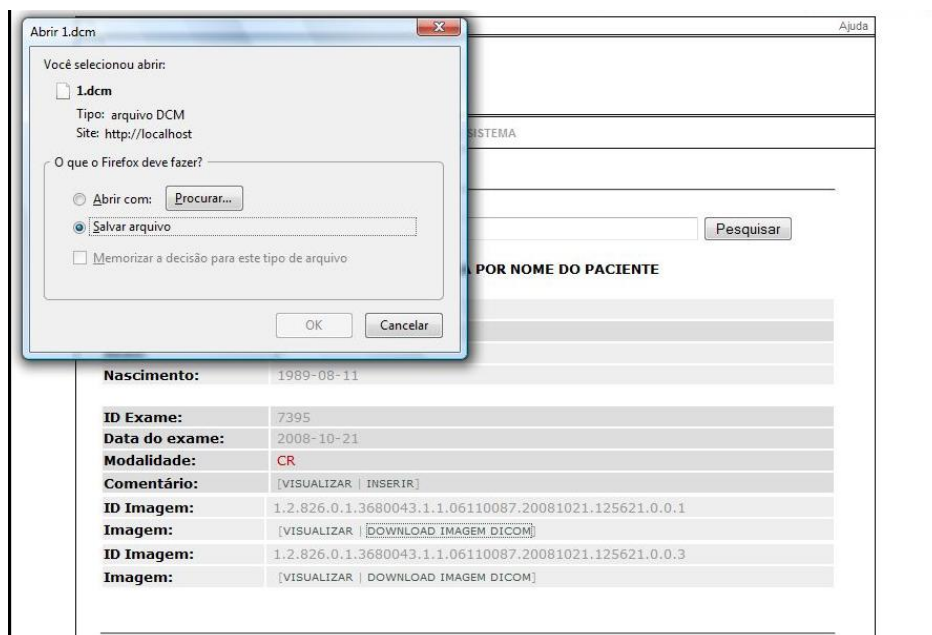


Figura 23. Tela de download da imagem no formato original (DICOM).

9 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o projeto de aplicação de algoritmo de conversão de imagens médicas e o desenvolvimento de um protótipo de webpacs.

Apesar das diferenças de intensidades luminosas nas imagens convertidas, como nos exemplos, as estruturas das imagens não foram comprometidas, o que possibilitou que os profissionais de saúde visualizassem o estado clínico dos pacientes.

A principal razão que nos leva a concluir sobre a eficiência dos resultados obtidos na análise das imagens pelos profissionais de saúde, se deve ao fato de que as estruturas analisadas estão relacionadas essencialmente ao conteúdo de formas e não necessariamente a elementos de textura ou cor. Nesse caso, haveria necessidade de se implementar outros recursos de processamento de imagens que identifiquem e recuperem as informações de cor e textura associados as estruturas contidas na imagem, relacionadas muitas delas a patologias, que sejam mais confiáveis e eficientes.

Quanto às imagens convertidas, no formato JPEG, não há dúvidas quanto às vantagens que possuem em relação ao formato DICOM, uma vez que ocupam menor espaço de armazenamento e são mais rápidas em termos de carregamento na web.

Em relação ao protótipo de webpacs desenvolvido, pode-se afirmar, com base nos resultados de acesso, operação e recuperação da informação visual, que o mesmo atendeu aos requisitos propostos, pois em todos os testes realizados, se mostrou bastante eficiente quanto à operação de exibir remotamente aos profissionais de saúde as imagens dos pacientes.

Além disso, uma das principais conclusões que se pode obter a partir da aplicação do protótipo proposto, é quanto a real possibilidade de se implementar sistemas para auxílio na decisão e diagnóstico, baseados na recuperação de informações visuais médicas, implementados a partir de projetos com orçamento relativamente baixo, mas que apresentem grande confiabilidade e eficiência.

10 TRABALHOS FUTUROS

O próximo passo deste projeto consiste em otimizar o algoritmo de conversão e implementá-lo em linguagem C, para que não seja necessário o uso da ferramenta MATLAB® para geração de imagens convertidas.

Considera-se também a possibilidade de utilização de recursos computacionais e outras tecnologias de desenvolvimento que melhorem a eficiência do protótipo de aplicação webpacs proposto, principalmente em relação a aspectos de interface e procedimentos para acesso a informação, seja ela visual ou textual.

Além disso, é considerada a possibilidade de se fazer um estudo mais detalhado das aplicações na área médica e testar o algoritmo de conversão com várias patologias.

REFERÊNCIAS

BORGES, Carmen Lucia. **Ferramenta de comunicação e acesso remoto a imagens médicas**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

DICOM Homepage. Disponível em: <http://dicom.nema.org/>. Acesso em: 24/02/2008.

GOMES, Vinicius Vieira. **Algoritmo computacional para volumetria de estruturas cerebrais em imagens médicas**. 2007. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Física e Matemática, Departamento de Informática, Universidade Federal de Pelotas, 2007. Disponível em: http://www.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/info/2007/mono_vinicius_gomes.pdf. Acesso em 24/02/2008.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

GOMES, Jonas; VELHO, Luiz. **Computação gráfica: imagem**. Rio de Janeiro: IMPA/SBM, 1994.

IMAGE CONVERTER. Disponível em: http://www.worthwhilemag.com/converters/image_converter.html. Junho. 2007. Acesso em: 10/06/2008.

LIMA Jr., Nilson Teixeira de. **Compressão de imagens (JPEG)**. 2007. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, 2007. Disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/marcelo/TE072/012007/Nilson-JPEG.pdf>. Acesso em: 9/9/2008.

MACHADO, Mirian Schacker. **Modelo de metadados para armazenamento e recuperação de imagens estáticas no formato DICOM**. 2002. 126 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Computação, 2002.

MARQUES FILHO, Ogê; VIERA NETO, Hugo. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

MARTINS, Antônio Cardoso. **Protocolo DICOM**. 2006. Engenharia Biomédica, Universidade do Minho. Disponível em: <http://dei-s1.dei.uminho.pt/outraslic/lebiom/sms/dicom.pdf>. Acesso em: 15/05/2008.

MERGE HEALTHCARE. Disponível em: <http://www.merge.com/na/efilmlanding.htm>. Acesso em: 10/06/2008.

mYm: MySQL Wrapper for Matlab. Disponível em: <http://sourceforge.net/projects/mym>. Acesso em: 28/07/2008.

HENRIQUE NETO, Geraldo ; OLIVEIRA, Wdson. **Armazenamento de imagens médicas com InterBase**. Centro Universitário Moura Lacerda, 2003. Ribeirão Preto, São Paulo.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Fundamentos de Radiodiagnóstico por Imagem**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ast/med/imagens/node29.htm>. Acesso em: 27/08/2008.

RAMOS, Fernanda Rodrigues. **Recuperação de informação baseada em conteúdo: Analisando imagens priorizando a característica cor**. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2004. Disponível em: <http://www.ppgia.pucpr.br/teses/DissertacaoPPGla-FernandaRamos-2004.pdf>. Acesso em: 18/09/2008.

RICKE, J. **Wavelet versus JPEG (Joint Photographic Expert Group) and fractal compression. Impact on the detection of low-contrast details in computed radiographs**. Invest Radiol, 1998.

SANTOS, Diego Ferreira. **Interface DICOM para captura e transmissão de imagens médicas**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Departamento de Engenharia Biomédica, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

SILBER, S. **Impact of various compression rates on interpretation of digital coronary angiograms**. Invest Radiol, 1997.

ANEXO 1

Formulário de pesquisa

Nome da instituição de saúde: _____

Nome do profissional: _____

Código de identificação profissional: _____

Especialidade: _____

A figura 1, abaixo, representa uma imagem de um raio-x no formato original DICOM e a figura 2 representa a mesma imagem de raio-x, entretanto com a imagem no formato JPEG.



Figura 1: Imagem de um raio-x no formato DICOM.



Figura 2: Imagem de um raio-x no formato JPEG.

A partir da análise comparativa entre as imagens, é possível constatar que a imagem no formato JPEG apresenta condições de visualização de patologias e estruturas a um profissional de saúde?

Resposta:
