

**A produção de material
de curso como
subproduto da prática pericial**

Ms. Marcos Junior Marini

Professor da FADEP - Faculdade de Pato Branco (PR) e do CEFET -
Unidade de Pato Branco (PR). Marini@pb.cefetpr.br

Dr. Alexandre Ibrahim Direne

Professor do Departamento de Informática da Universidade Federal do
Paraná (UFPR). alex@inf.ufpr.br

Resumo

Este trabalho apresenta conceitos para permitir a modelagem de estruturas genéricas para a representação de diagnósticos radiológicos, visando a utilização do material prático da cadeia de produção de laudos como subproduto para o ensino de conceitos visuais aplicados à radiologia médica. Todos estes conceitos foram elaborados a partir de estudos realizados com o acompanhamento do trabalho rotineiro dos médicos especialistas no próprio ambiente da prática clínica. Isto tudo possibilitou o projeto e a implementação de um protótipo de ferramenta de *software*, chamada de RadModel, que poderá ser inserida no próprio ambiente clínico para a criação de modelos genéricos de laudos radiológicos pelos próprios especialistas no domínio. A partir da RadModel, que é uma ferramenta de pré-diagnóstico, será possível num trabalho futuro, projetar e implementar uma outra ferramenta de *software* que atuará propriamente no relato dos diagnósticos radiológicos no ambiente prático, guiando a confecção de um laudo radiológico de forma estruturada a partir dos modelos genéricos criados com a ferramenta de pré-diagnóstico. O trabalho também traz detalhes de como a estruturação e a automação na descrição dos laudos radiológicos possibilitará a formação de extensas bases de conhecimento extraídas diretamente do ambiente prático, podendo ser utilizadas por sistemas tutores inteligentes para o ensino de radiologia médica.

Palavras-chave: ensino de conceitos visuais, radiologia médica, produção de material de ensino, inteligência artificial na educação.

Abstract

This work presents concepts that allow the creation of generic structures for the representation of image reporting in medical radiology. The concepts are aimed at acquisition of teaching material as by-product of clinical practice in the field of visual concepts applied to the medical radiology. The research started from studies carried out with expert radiologists in their routine environment of the clinical practice. This led to the development of a prototype software tool, called RadModel, which allows the creation of generic models of radiological report for the domain expert. With RadModel, it will be possible, in a future work, to design and implement another software tool that will act as a means for the actual task of image reporting. This will allow structured diagnosis in the practical environment, guided by pre-diagnosis knowledge defined with the RadModel tool. Text also describes how the structuring and automation of image reporting will facilitate the formation of an extensive knowledge base could be used by intelligent tutoring systems for the teaching of medical radiology.

Key-words: visual concepts teaching, medical radiology, teaching material production, artificial intelligence in education.

1 - Introdução

Este trabalho se baseia no ensino de conceitos visuais aplicados à área de radiologia médica. É importante destacar que peritos em diagnósticos radiológicos não são preparados para o ensino. A perícia radiológica é, por si só, uma habilidade complexa. Atingir o ponto de explicar os fundamentos de um diagnóstico passa a apresentar uma sobrecarga pedagógica ainda maior, o que

constitui toda uma perícia isoladamente (Lesgold et. al, 1989). Todavia, residentes em radiologia são freqüentemente treinados com critérios quase que puramente aleatórios do mundo prático. Isto ocorre devido a uma aparente falta de estruturação dos materiais que são aplicados nos treinamentos. Segundo Sharples (Sharples et al., 1997), a utilização do computador para suplementar o ensino de conceitos visuais possibilita a implementação de sistemas de treinamento personalizados, diminuindo o tempo para um estudante tornar-se perito.

Como pode ser visto na literatura, o treinamento auxiliado por computador pode proporcionar uma melhoria das modalidades de aquisição de perícia. Adicionalmente, se o material de uma cadeia de produção de diagnósticos radiológicos fosse padronizado e estruturado computacionalmente, ele poderia ser coletado como um subproduto desta cadeia e direcionado para a geração de material de curso. Em outras palavras, o subproduto do próprio processo de diagnóstico poderia ser submetido a uma estruturação na sua própria fonte e imediatamente arquivado na forma de casos clínicos para o ensino.

Sendo assim, os conteúdos pedagógicos seriam formados a partir de aspectos e contextos naturais, o que nos leva a acreditar em uma série de possíveis benefícios para a aprendizagem. Como exemplo, acreditamos que seria possível aproveitar melhor a distinção de anormalidades facilmente confundíveis para que sejam apresentadas desde suas origens e evoluções cronologicamente relacionadas. Apenas com planejamentos desta envergadura será possível reduzir efetivamente o tempo e o custo do próprio treinamento radiológico.

Porém, as enormes variações de relatos dentro dos diagnósticos possíveis entre as muitas anormalidades existentes, torna a padronização uma tarefa nada trivial. Isto pode ser visto na figura abaixo (Figura 1), onde são apresentados dois exemplos de laudos médicos obtidos da análise da imagem do mesmo caso

clínico real, elaborados por médicos radiologistas diferentes, diretamente numa clínica radiológica.

<p>MÃO ESQUERDA Aumento de volume de partes moles periarticulares em dedos, mais acentuadamente nas articulações interfalangeanas proximais. Artrose incipiente de interfalangeanas distais. Cisto cortical na falange média sugestivo de artrite psoriática.</p> <p>Médico X</p>	<p>MÃO ESQUERDA Aumento difuso de partes moles periarticulares dos dedos, notadamente das interfalangeanas proximais. Artrose incipiente nas interfalangeanas distais e cisto cortical na falange média do III dedo.</p> <p>Médico Y</p>
---	--

FIGURA 1 - Laudos de dois radiologistas referentes ao mesmo caso clínico

No exemplo apresentado é possível constatar divergências nos laudos, principalmente no que se refere à descrição dos componentes anatômicos (anatomia), utilização de termos técnicos e vocabulário específico, relações entre as características visuais encontradas, entre outras. Além disso, a complexidade de um relato radiológico (laudo) atinge os próprios componentes da perícia profissional do indivíduo, podendo apresentar variações mesmo de um radiologista para o outro.

Tudo isto requer o uso de mais do que uma linguagem para estruturar e padronizar o diagnóstico radiológico, objetivando utilizá-lo como subproduto da prática pericial. Na verdade, as várias linguagens dos laudos radiológicos requerem a criação de uma meta-linguagem integradora e de uma ferramenta de software que registre a especificação de cada linguagem objeto. Trabalhos de

pesquisa neste campo são praticamente inexistentes, o que confere um bom grau de originalidade a este projeto, surgindo então, como objetivo, a criação de conceitos e uma ferramenta de software para permitir a meta-modelagem de estruturas genéricas para a representação de diagnósticos radiológicos. Isto tudo se reflete sobre aspectos do mundo prático do processo futuro de confecção (modelagem-objeto) de laudos pelos peritos em radiologia. Em uma dimensão mais ampla, os resultados desta estruturação dos diagnósticos radiológicos obtidos no próprio ambiente da prática clínica serão utilizados como subproduto para o ensino.

É importante destacar que todos os elementos da abordagem conceitual do processo de estruturação do diagnóstico foram construídos a partir da observação do próprio ambiente da prática clínica, com o acompanhamento dos médicos especialistas em radiologia em ação no seu trabalho rotineiro. A ferramenta RadModel, construída como um protótipo para a aplicação prática dos conhecimentos estudados neste trabalho, representa um avanço sobre o conceito mais genérico de ferramenta de autoria. Isto ocorre pois a RadModel inclui uma abordagem minimalista para a representação do conhecimento genérico sobre anormalidades de maneira a isolar apenas as descrições de elementos essenciais ao pré-diagnóstico. A partir dela, será possível criar uma outra ferramenta para o apoio à elaboração do laudo radiológico propriamente dito.

2 - Trabalhos Correlatos

2.1 - Perícia em conceitos visuais

Por muito tempo tem sido estudado o problema da especialidade radiológica, e como esta perícia é adquirida. A aquisição de perícia é uma habilidade difícil e complexa, que ocorre gradativamente, sendo necessário que o

aprendiz analise uma grande quantidade de imagens para tornar-se perito. Portanto, a aquisição de perícia pode ser considerada mais como um treinamento do que como um estudo formal propriamente dito, pois os alunos já possuem os conhecimentos de princípios do domínio. Isto ocorre mesmo que os aprendizes não consigam construir uma representação mental dos problemas apresentados e usar o conhecimento de tais representações para resolvê-los (Lesgold, 1989). Em sua pesquisa que aborda as capacidades de radiologistas em diferentes níveis de habilidade, Lesgold identificou que um perito é capaz de enquadrar rapidamente um esquema mental na área correta do problema e pode confirmar este esquema a partir das evidências de características visuais, o que possibilita um diagnóstico rápido e preciso.

Segundo Sharples (Sharples et al., 1997), a utilização do computador como forma suplementar do ensino de conceitos visuais possibilita a implementação de sistemas de treinamento personalizados, diminuindo o tempo para um residente de Radiologia médica tornar-se perito. O computador pode armazenar e mostrar grandes estoques de exemplares de imagens, conduzir um diálogo tutorial com o aprendiz e ajudar na aprendizagem de modelos estruturais.

Para que isto ocorra, é necessário que o sistema consiga apresentar reações mais adequadas às ações do aprendiz, ou seja, utilize técnicas de Inteligência Artificial. Estes sistemas são chamados de Sistemas Tutores Inteligentes (ITSs) de conceitos visuais. Entre os raros ITSs para o ensino de conceitos visuais em radiologia médica temos o Radiology Tutor (Sharples et al., 1997), que foi o primeiro tutor para radiologia cardíaca, e o MRI-Tutor (Direne, 1997). Este último foi desenvolvido usando o ambiente de autoria RUI (Representations for Understanding Images). Numa sessão de ensino destes ITSs, cada exemplo é discutido com o aprendiz e um diagnóstico é construído de forma evolutiva. As sessões de ensino são alimentadas a partir de uma base de

exemplos, composta por imagens associadas a cada classe de anomalia. (Pimentel e Direne,1998).

É importante destacar que estes sistemas não são apenas para descrever imagens através do computador, mas necessitam empregar uma linguagem estruturada de descrição da imagem, fornecendo um conjunto bem fundamentado de termos para o aprendiz. Além disso, com a reflexão de cada caso nos termos da linguagem descrita, o aprendiz está construindo conexões mentais entre a experiência específica e o conhecimento estruturado fornecido pela linguagem (Sharples et al., 1997).

A metodologia empregada no desenvolvimento do MR-Tutor (Sharples et al., 1997), que é um sistema baseado numa linguagem estruturada para descrever anomalias em imagens de ressonância magnética da cabeça, também considerou a importância dos aspectos sócio-cognitivos para a aprendizagem. Em resumo, a tese de Sharples assume que é necessário ajustar o treinamento para o local de trabalho e o compasso do aprendiz. Alguns sistemas têm demonstrado técnicas fortes para a representação do conhecimento, mas são virtualmente inúteis na prática. Outros tem interfaces atrativas, mas não direcionam para uma necessidade educacional clara. Outros ainda, não conseguem se ajustar facilmente para a sala de aula ou local de trabalho (Sharples et. al.,1997).

Outros problemas relacionados com o ensino de conceitos visuais através do computador são indicados por Azevedo (Azevedo et. al.,1997): (1) falta de um arcabouço teórico incorporando as evidências empíricas em conhecimento médico e perícia radiológica; (2) falha nos sistemas existentes em não adotar um modelo de instrução adequado; e (3) falha nos sistemas tutores que foram desenvolvidos através da comparação entre o ensino tradicional e o ensino auxiliado por computador, pois a análise comparativa não foi realizada com o devido rigor.

2.2 - Ferramentas de autoria

Um ambiente de autoria é um conjunto formado por ferramentas de autoria, as quais, quase sempre vêm acompanhadas de uma interface (shell) de ensino. Sua arquitetura é dividida em: modo de autoria e modo de ensino. O modo de ensino é o responsável pela interação com o aprendiz para a comunicação do conhecimento, atuando como um ITS tradicional. O modo de autoria permite ao autor de curso a definição do conhecimento específico dos 3 (três) módulos clássicos do ITS: (1) módulo do domínio, (2) módulo do aprendiz e (3) módulo pedagógico. Uma vez fornecidos os conhecimentos destes módulos, estes serão então aplicados no ensino.

Através das ferramentas de autoria, este conhecimento é colocado de forma a possibilitar facilmente a sua manipulação. Um ambiente de autoria genuíno seria, em sua forma ideal, um sistema capaz de permitir que um perito crie o seu próprio material de curso programando a máquina sem qualquer ajuda de um engenheiro de conhecimento (Direne,1997).

Segundo Murray (Murray,1999), as ferramentas de autoria têm sido usadas para construir tutores que abrangem um amplo número de domínios, incluindo sistemas de atendimento ao consumidor, resolução de problemas matemáticos, manutenção de equipamentos e política pública. Porém, até bem pouco tempo, ninguém havia aplicado técnicas de autoria para o ensino de conceitos visuais. O único trabalho em autoria para gerar material de curso destinado ao ensino de conceitos visuais é o ambiente RUI (Direne,1997).

A utilização de ferramentas de autoria na construção de ITSs passa pelo problema da produção de software, no que tange a relação quantidade "versus" qualidade. Segundo Nicolson e Scott (1986), existe uma divisão entre duas grandes estratégias: a produção individual, onde os professores deveriam ter

acesso à tecnologia de programação e produzir seus próprios softwares para as suas necessidades individuais; e a produção em equipe, onde os professores apenas participariam da fase de especificação, fornecendo a concepção original da aplicação a uma equipe de programadores. Neste contexto, a produção em equipe é excelente para a produção de software de alta-qualidade, mas somente em poucas quantidades. Já a produção individual possibilita a produção de grandes quantidades de software, porém, de baixa qualidade. É necessário uma continuação nos estudos do modelo de produção em equipe para gerar softwares de alta-qualidade, somado a uma tentativa de melhorar a rotina de produção por professores de grandes quantidades de software de média-qualidade (Nicolson e Scott,1986). De uma forma mais genérica ainda, a produção de material eletrônico de curso como um subproduto da prática pericial nunca foi estudada especificamente por nenhum pesquisador. Isto requer uma abordagem das realidades do profissional e de sua sistemática de atuação no próprio ambiente de trabalho.

Nos estudos realizados por Murray e Woolf (1992), avaliando as ferramentas de construção de tutores, é destacada a necessidade de comunicação e colaboração entre educadores e engenheiros de software ou cientistas envolvidos nos sistemas baseados em conhecimento para tutoramento. Educadores podem tornar-se parte integral do desenvolvimento de um sistema baseado em conhecimento e sua participação pode ser prática através de ferramentas de interface encorajadoras. Além disso, a incorporação de peritos no domínio como colaboradores ao invés de clientes, adiciona profundidade e riqueza para o processo de projeto e para o produto (Murray e Woolf,1992).

Como pode ser visto, a construção de um ITS é uma tarefa difícil, requerendo além do conhecimento da perícia, conhecimento fora do domínio a

ser ensinado, incluindo conhecimento de programação e de ciência cognitiva. Como exemplo de uma ferramenta de autoria que visa reduzir a necessidade do autor possuir conhecimento não específico do domínio, pode ser citado o DEMONSTR8 (Blessing,1997), voltado para professores dentro do domínio da aritmética, que faz uso de programação por meio de demonstração. Esta modalidade de autoria, segundo o autor, torna o processo de criação do material de curso mais simples e rápido.

2.3 - Sistemas de apoio ao relato do diagnóstico

Sistemas de informação hospitalar e sistemas especialistas para radiologia foram projetados e implementados por pesquisadores ao longo dos anos. Porém, poucos são os sistemas que ajudam na tomada de decisão prática e na educação profissional. Apesar de anos de pesquisas e desenvolvimento, o apoio baseado em computador para diagnóstico e tratamento ainda permanece largamente como curiosidade e protótipo experimental, especialmente as ferramentas para o uso rotineiro (Greenes e Shortliffe, 1990).

A primeira tentativa de adaptar as regras de domínio de um sistema especialista pré-existente dentro de um ITS foi o sistema GUIDON (Clancey,1982). O objetivo deste ITS era tutorar o conhecimento do famoso MYCIN (Shortliffe,1976), um sistema especialista que sugere o tratamento para infecções bacterianas. A implementação do GUIDON foi ineficaz em grande parte porque o diagnóstico médico não é similar a um livro de receitas, isto é, médicos não fazem diagnósticos de doenças reutilizando chamadas perfeitas de centenas de regras e fatos médicos (Clancey,1982).

Kanal e Perlin (1982) implementaram um sistema tutorial baseado em computador para ressonância magnética. Este tutor objetivava apenas o ensino

dos princípios físicos que estão por baixo das imagens de MRI, sem se preocupar no apoio ou ensino do conteúdo do diagnóstico. Numa abordagem mais próxima ao título desta seção se encontra ICON/IMAGE. É um sistema especialista que fornece apoio ao relato do diagnóstico pela aquisição de imagem e texto, ajudando no processo de diagnóstico diferencial em radiologia (Mutalik et al., 1991; Swett, 1992; Swett e Miller, 1987). É importante ressaltar que este sistema não possui módulo de autoria, faltando também um conjunto de diretivas pedagógicas explicitamente codificadas por meio de regras cognitivas para apoiar o processo de ensino. Neste ambiente, a aquisição de conhecimento para fins de treinamento ocorre como um subproduto da perícia clínica. Porém, o processo de eliciação deste conhecimento não ocorre diretamente no próprio ambiente prático da produção de laudos a partir dos diagnósticos, mas sim, posteriormente.

Como alternativa ao ensino de radiologia, pode ser citada uma biblioteca digital de imagens médicas na Internet (Wong e Tjandra, 1999), que fornece um ambiente de treinamento interativo auxiliado por computador para radiologistas e residentes em radiologia. O objetivo é o ensino de imagens do tórax através da Web, permitindo o acesso e a interpretação das informações depositadas numa base de conhecimento num servidor. Apesar de disponibilizar e facilitar o acesso a este conhecimento através da rede mundial de computadores, este sistema também não apresenta uma pedagogia explícita que possa se adequar às necessidades do aprendiz. Além desta limitação, o sistema não possui uma forma claramente estruturada para o processo de diagnóstico, o que anula a possibilidade de oferecer a extensão da base de imagens por meio de recursos de autoria, funcionando apenas como uma biblioteca virtual.

3 - Elementos Genéricos do Diagnóstico Radiológico

3.1 - Estudo de caso

Para a obtenção de informações do ambiente prático da radiologia médica, objetivando a melhor fundamentação deste trabalho, foi conduzido um estudo de caso com a colaboração de médicos radiologistas, diretamente numa clínica radiológica. Os estudos foram realizados em uma clínica radiológica que abrange cerca de 60 (sessenta) municípios aproximadamente, sendo o trabalho realizado principalmente por 3 (três) médicos radiologistas, todos atuando há mais de 20 anos na radiologia geral. Ela conta também com 7 (sete) técnicos em radiologia para a coleta das imagens. Em média, são realizados 90 (noventa) exames radiológicos por dia, através dos métodos de raio-x, tomografia computadorizada e ultra-sonografia. Na escolha da clínica, foram então considerados prioritários os seguintes parâmetros: volume de casos; a diversidade dos casos diagnosticados (ossos, aparelho respiratório, crânio, e outras especialidades); variedade de especialistas e técnicos trabalhando em equipe.

Para a realização de uma abordagem conceitual do processo de estruturação do diagnóstico, foram realizados estudos na clínica através de diversos instrumentos que propiciaram a coleta de informações da área radiológica. Abaixo, serão descritos os principais passos metodológicos que foram seguidos para este estudo:

- a) entrevistas com médicos radiologistas;
- b) acompanhamento do trabalho rotineiro destes especialistas e seus auxiliares técnicos na produção de diagnósticos diretamente no ambiente prático da clínica radiológica;

c) seleção do material a ser estudado, para um estudo concentrado em poucas anormalidades;

d) coleta dos casos clínicos a serem estudados dentro do escopo selecionado (dentre centenas, foram selecionados cerca de 30 laudos radiológicos para estudo aprofundado, sendo estes de naturezas substancialmente diferentes);

e) análise das transcrições selecionadas (esta ação teve como objetivo estudar as linguagens e protocolos médicos adotados como padrões para a elaboração de laudos em geral);

f) criação de elementos de uma meta-linguagem para a descrição genérica de classes de anormalidades através da pré-estruturação dos diagnósticos;

g) reavaliação dos casos coletados para aplicar a tarefa de descrição dos mesmos através da meta-linguagem criada.

3.2 - Derivação de elementos

Para tornar possível a utilização para o ensino do material produzido no próprio ambiente prático da clínica radiológica, foi necessária a criação de uma estrutura genérica para o laudo radiológico obtido como produto da prática pericial. Esta estrutura genérica foi composta com a definição de um espaço cartesiano de atributos para o laudo radiológico, formado pela representação das características de uma classe de anormalidade e seus valores possíveis, assim como das relações lógicas existentes entre estas características. As características podem ser divididas basicamente em três classes de dados, dependendo da sua natureza: dados biofísicos (exemplos: sexo, idade, peso, altura, etnia, pressão

arterial, temperatura do corpo, entre outras), dados clínicos (exemplos: presença de dor, edema, dados históricos do paciente, presença de manchas na pele, náuseas, entre outras informações), e dados visuais da imagem (exemplos: tamanho, forma, localização, largura, altura, bordos, comprimento, diâmetro, índices, ângulo, entre muitas outras características que formam um conjunto capaz de identificar uma classe de anormalidade).

Além da definição da natureza de uma característica, também é importante estabelecer o tipo de valoração que ela possui. O tipo de valoração define a variação de valores que a característica pode assumir e seus limites de normalidade. Para classificar quanto ao tipo de valoração foram estabelecidas quatro faixas de dados, assim definidas: qualitativo-ordenada, qualitativo-nominal, quantitativo-inteira e quantitativo-real. Como exemplo do tipo de valoração da faixa qualitativo-ordenada podemos citar a característica "tamanho" da parte anatômico "ventrículo esquerdo", a qual pode assumir os seguintes valores (em ordem crescente da evolução da anormalidade): "normal", "levemente aumentado", "moderadamente aumentado", "aumentado", "marcadamente aumentado" e "grosseiramente aumentado". Tipagem e valorações semelhantes devem ser atribuídas a cada característica criada. Todas estas informações referentes às características e seus valores, são delimitadoras do espaço de busca analisado pelos médicos radiologistas na definição de um laudo radiológico, formando um universo complexo de possibilidades para a análise radiológica.

Como pode ser visto, o cruzamento das inúmeras características existentes para uma classe de anormalidade gera complexas combinações e possibilidades para a análise de uma imagem radiológica. A criação de relações lógicas busca restringir este espaço de busca, dando origem a um universo mais consistente de descrição para os radiologistas pois contém também instruções

sobre o valor-verdade de relacionamentos existentes entre as características. Através da utilização das relações lógicas, os radiologistas são capazes de definir os limites para uma classe de anormalidade e criar mecanismos de inferência sobre a imagem em busca da definição de um diagnóstico consistente. Desta forma, a descrição de uma relação lógica é realizada através de proposições lógicas, utilizando um conjunto de palavras-chave formado por conectivos lógicos, operadores relacionais e pelo tripé: <P> parte anatômica, <C> característica e <V> valor. Abaixo é apresentado um exemplo deste novo formato.

tamanho do ventrículo esquerdo DIFERENTE de "normal" IMPLICA EM tamanho do coração DIFERENTE de "normal"

Neste exemplo, a primeira parte da proposição é formada por: <C> tamanho, <P> ventrículo esquerdo, operador lógico DIFERENTE, e <V> normal. O relacionamento lógico é expresso através do conectivo lógico IMPLICA EM, seguido por: <C> tamanho, <P> coração, operador lógico DIFERENTE, e <V> normal. Como pode ser visto no exemplo, esta forma de descrição da relação lógica se aproxima muito da linguagem natural, tornando o processo de explicitação do conhecimento do domínio em radiologia médica mais simples para os especialistas.

4 - A Ferramenta Radmodel

A ferramenta RadModel foi construída a partir dos estudos preliminares realizados com os médicos especialistas na clínica radiológica, cumprindo dos passos metodológicos que foram descritos anteriormente. Abaixo, é apresentada

a figura com o diagrama de módulos da ferramenta (figura 2), seguida de uma breve descrição das funcionalidades de cada um de seus módulos.

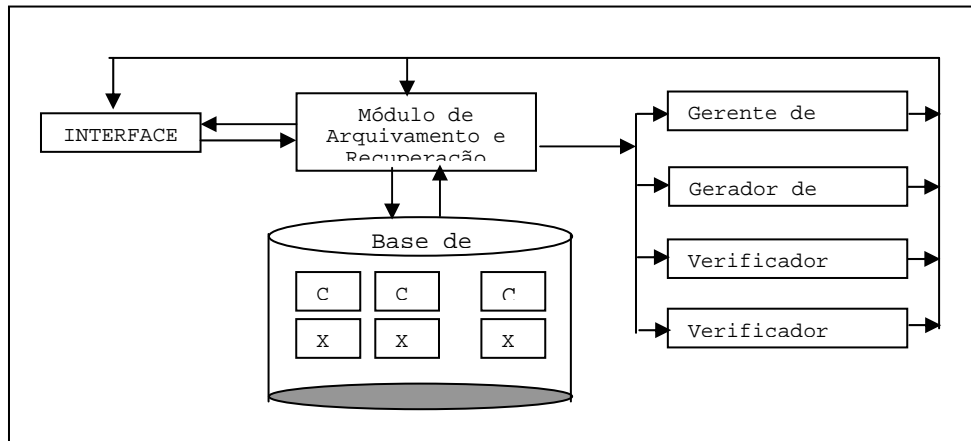


FIGURA 2 - Diagrama de módulos da ferramenta Radmodel

Como o objetivo da ferramenta é a modelagem das estruturas radiológicas em modo textual, optou-se por uma simplificação na formação dos componentes da interface. A interface da RadModel é textual semi-gráfica, sendo a interação com o usuário através de menus de opções, utilizando a entrada de dados padrão via teclado. Neste contexto, usando a análise realizada por Murray (Murray,1999), onde ele cita a utilização de ferramentas de autoria com atraentes interfaces, dando um estilo visual sofisticado, porém, com pouco poder de representação do conhecimento de domínio, foram criadas facilidades para que os peritos em radiologia possam descrever o conhecimento de domínio genérico de laudos através de recursos mais simples e objetivos. Como exemplos, pode-se citar a possibilidade de criação das estruturas anatômicas de uma classe de

anormalidade através de itemização simples, e a descrição textual das relações lógicas em pseudolinguagem natural.

A manipulação de todo o material utilizado pela ferramenta RadModel é baseada primeiramente na estruturação do material radiológico a partir da formação de classes de anormalidades, que formam o escopo de estudo dos especialistas no processo de análise de uma imagem radiológica. O módulo Gerente de Classes, como o próprio nome sugere, é o responsável pelos mecanismos de controle e gerência de todo o escopo delimitado por uma classe de anormalidade que está sendo utilizada pela ferramenta. São atribuições deste módulo: criação, edição, manipulação e extinção de classes de anormalidade. Já o módulo Gerador de Termos, é o responsável pela padronização dos termos que são gerenciados internamente pelo sistema, executando tarefas que podem ser divididas basicamente em dois procedimentos distintos: a geração de nomenclatura interna para as classes de anormalidades e seus componentes anatômicos; e, a geração de uma numeração automática para os itens que são incorporados a uma estrutura anatômica.

Após a descrição de uma relação lógica, antes da sua inclusão na base de dados da ferramenta, entra em execução o módulo Verificador de Sintaxe, sendo responsável pela realização da análise sintática da relação lógica. Nesta etapa do processamento, as seqüências lineares de palavras que formam uma descrição de relacionamentos lógicos de uma classe de anormalidade são transformadas em estruturas capazes de identificar se a relação lógica descrita pertence aos padrões sintáticos previstos pela ferramenta. Para melhorar o entendimento da análise sintática, vejamos o exemplo descrito abaixo, que apresenta uma relação lógica aceita pelo verificador sintático:

**cavidade de sm direito IGUAL a "presença de ar" IMPLICA EM
transparência de sm direito IGUAL a "normal"**

Todavia, relações lógicas como o exemplo apresentado abaixo, não seriam aceitas pelo verificador sintático. Neste exemplo, a relação lógica está incompleta pois, na primeira parte da expressão lógica, é apresentado apenas um valor isolado, sem definição de sua característica, não sendo possível estabelecer com clareza o relacionamento lógico existente na descrição.

**"presença de ar" IMPLICA EM transparência de seio maxilar direito
IGUAL a "normal"**

Quando isto ocorrer, a ferramenta interage com o autor da relação lógica, notificando e expondo algumas formas lógicas aproximadas que sejam capazes de representar aquele conhecimento. Caberá ao usuário, a reedição da fórmula lógica. Após uma verificação sintática da relação lógica descrita pelo autor, as estruturas criadas pelo analisador sintático recebem significado, sendo analisadas agora, quanto à sua composição semântica. Esta tarefa envolve um mapeamento entre as estruturas sintáticas obtidas e os elementos léxicos definidos no domínio da classe de anormalidade, sendo realizada pelo Verificador de Semântica. No estudo da análise semântica a ser utilizada pela ferramenta RadModel para a descrição das relações lógicas, é importante observar que os relacionamentos lógicos criados pertencem apenas a uma classe de anormalidade, não sendo possível a criação de relações lógicas inter-classes.

O módulo de Arquivamento e Recuperação é responsável também pelo gerenciamento das simbologias utilizadas na representação interna do arquivo, que foram criadas para auxiliar no momento de armazenamento e recuperação das informações em disco.

5 - Conclusão e Trabalhos Futuros

O presente trabalho é uma contribuição para a criação de elementos de pré-diagnóstico (nível conceitual) a partir de uma estrutura orientada a objetos com descrições do espaço de atributos que formam uma classe de anormalidade. Nesta abordagem, as futuras representações de laudos de casos específicos serão instâncias de classes de anormalidades as quais, reunidas, permitirão a formação de bases de conhecimento capazes de apoiar e melhorar o processo de treinamento de radiologia médica.

Adicionalmente, a alimentação das bases estará inserida no próprio ambiente da prática clínica, fornecendo como subproduto do relato radiológico, material para o ensino. A ferramenta desenvolvida representa avanços na área de ensino de conceitos visuais aplicados à radiologia médica, sendo projetada a partir de aspectos conceituais extraídos do contexto prático da clínica radiológica, possibilitando aos médicos radiologistas altamente especializados no domínio descreverem estruturas genéricas para a representação de laudos radiológicos nas diversas classes de anormalidades existentes.

Como trabalhos futuros de pesquisa a serem desenvolvidos a partir deste projeto, já pode ser prevista a conceituação e a implementação de uma ferramenta que efetivamente fará o apoio ao relato do diagnóstico, auxiliando os médicos radiologistas no próprio ambiente de produção de laudos. Esta segunda ferramenta será capaz de guiar a confecção de um laudo radiológico específico,

de forma altamente estruturada, a partir dos modelos genéricos criados com a ferramenta de pré-diagnóstico (RadModel) que foi concebida neste trabalho. Esta futura ferramenta a ser projetada, de apoio ao relato dos diagnósticos radiológicos, trará inúmeras vantagens tanto para a área prática de produção de laudos radiológicos como para a formação de extensas bases de conhecimento destinadas ao ensino de conceitos visuais aplicados à radiologia médica.

6 - Referências Bibliográficas

AZEVEDO, R., LAJOIE, S., e DESAULNIERS, M. (1997). **Radtutor: The theoretical and empirical basis for the design of a mammography interpretation tutor**. In du Boulay, B. and Mizoguchi, R., editors, Artificial Intelligence in Education, 386-393. IOS Press.

BLESSING, S. B. (1997). **A programming by demonstration authoring tool for model-tracing tutors**. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 8:233-261.

CLANCEY, W. J. (1982). **Tutoring rules for guiding a case method dialogue**. In **Intelligent Tutoring Systems** (eds. D. H. Sleeman & J. S. Brown). Academic Press, London, pages 201-225.

COHEN, B. and MURPHY, G. L. (1984). **Models of concepts**. Cognitive Science, 8:27-58.

DIRENE, A. I. (1997). **Designing intelligent systems for teaching visual concepts**. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 8(1):44-70.

GREENES, R. A. e SHORTLIFFE, E. H. (1990). **Medical Informatics - An emerging academic discipline and institutional priority**. Journal of the American Medical Association, 263:1114-1120.

KANAL, E. e PERLIN, M. W. (1992). **Computer-Based Tutorial in MR Imaging**. AJNR, 13:1527-1534.

- LESGOLD, A. M., RUBINSON, H., GLASSER, P. F. R., KLOPFER, D., e WANG, Y. (1989). **Expertise in a complex skill: Diagnosing x-ray pictures**. In Chi, M., Glasser, R., and Farr, M., editors, *The Nature of Expertise*. Lawrence Erlbaum.
- MINSKY, M. L. (1975). **A framework for representing knowledge**. In Winston, P. H., editor, *The Psychology of Computer Vision*. McGraw-Hill.
- MUTALIK, P. G., WELTIN, G. G., FISHER, P. R. e SWETT, H. A. (1991). **The prospect of expert system-based cognitive support as a by-product of image acquisition and reporting**. *Journal of Digital Imaging*, 4:233-240.
- MURRAY, T. (1999). **Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art**. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10:98-129.
- MURRAY, T. e WOOLF, B. P. (1992). **Results of Encoding Knowledge with tutor construction tools**. In *Proceedings of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence*, pages 17-23.
- NICOLSON, R. I. e SCOTT, P. J. (1986). **Computers and education: The software production problem**. *British Journal of Education Technology*, 17:26-35.
- PIMENTEL, A. R. e DIRENE, A. I. (1998). **Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes**. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 2:17-24.
- SHARPLES, M., JEFFERY, N., TEATHER, D., TEATHER, B., e DU BOULAY, G. (1997). **A socio-cognitive engineering approach to development of a knowledge-based training system for neuroradiology**. In du Boulay, B. and Mizoguchi, R., editors, *Artificial Intelligence in Education*, pages 402-409. IOS Press.
- SHORTLIFFE, E. H. (1976). **Computer-Based Medical Consultations: MYCIN**. American Elsevier, New York.
- Swett, H. A. (1992). **Computers: power tool for imaging diagnosis**. In *Diagnostic Imaging International*, pages 29-37.

SWETT, H. A. e MILLER, P.L. (1987). **ICON: a computer-based approach to differential diagnosis in radiology**. Radiology , 163:555-558.

WONG, S. T. C. e TJANDRA, D. A. (1999). **A Digital Library for Biomedical Imaging on the Internet**. IEEE Communications Magazine, pages 84-91.