

MARCOS JUNIOR MARINI

**A PRODUÇÃO DE MATERIAL DE CURSO COMO
SUBPRODUTO DA PRÁTICA PERICIAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne

CURITIBA

2001

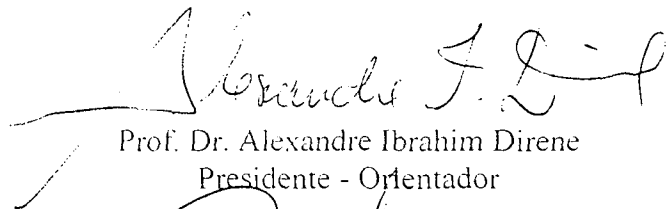


Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Mestrado em Informática

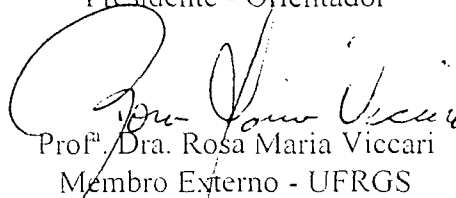
PARECER

Nós, abaixo assinados, membros da Banca Examinadora da defesa de Dissertação de Mestrado em Informática do aluno *Marcos Junior Marini*, avaliamos o trabalho intitulado "*A Produção de Material de Curso como Subproduto da Prática Pericial*", cuja defesa foi realizada no dia 06 de abril de 2001. Após a avaliação, decidimos pela aprovação do candidato.

Curitiba, 06 de abril de 2001.



Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne
Presidente - Orientador



Prof.^a Dra. Rosa Maria Viccari
Membro Externo - UFRGS



Prof. Dr. Hélio Pedrini
DINF/UFPR

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos profissionais da Clínica Radiológica Sudoeste, em especial ao médico radiologista, Dr. Orlando Sérgio Hecke, pela inestimável e sempre atenciosa colaboração no estudo dos conceitos e ensinamentos da radiologia médica.

Ao meu orientador, professor Dr. Alexandre Ibrahim Direne, pela brilhante condução deste trabalho, sempre de forma segura, paciente e precisa. Pela sua valorização e dedicação durante toda a orientação, demonstrando profissionalismo e competência. E, acima de tudo, pela amizade conquistada durante os meses que trabalhamos juntos para a realização deste projeto de dissertação .

À minha esposa, Simone, pelo companheirismo, amor e apoio, também pela compreensão e força nos momentos difíceis da realização deste trabalho.

Ao Departamento de Informática da UFPR como um todo, e individualmente a cada um dos professores do Mestrado pelo apoio e ensinamentos recebidos.

E a todos que direta ou indiretamente forneceram sua parcela de contribuição para que este trabalho se tornasse realidade.

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES..... | v |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | vi |
| RESUMO..... | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 O PROBLEMA PRINCIPAL..... | 1 |
| 1.2 O AMBIENTE RUI..... | 4 |
| 1.3 OBJETIVO DO PROJETO..... | 7 |
| 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... | 8 |
| 2. TRABALHOS CORRELATOS..... | 10 |
| 2.1 PERÍCIA EM CONCEITOS VISUAIS..... | 10 |
| 2.2 FERRAMENTAS DE AUTORIA..... | 12 |
| 2.3 SISTEMAS DE APOIO AO RELATO DO DIAGNÓSTICO..... | 15 |
| 3. ELEMENTOS GENÉRICOS DO DIAGNÓSTICO RADIOLÓGICO..... | 18 |
| 3.1 ESTUDO DE CASO..... | 18 |
| 3.1.1 O ambiente escolhido..... | 18 |
| 3.1.2 A abordagem empírica..... | 19 |
| 3.2 DERIVAÇÃO DE ELEMENTOS..... | 20 |
| 3.2.1 A estrutura genérica do laudo..... | 20 |
| 3.2.1.1 Características e seus valores..... | 21 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 3.2.1.2 | Relações lógicas entre características | 24 |
| 3.2.2 | Estrutura mínima do material para o ensino | 27 |
| 3.2.2.1 | A organização por componentes anatômicos | 27 |
| 3.2.2.2 | A formação de classes de anormalidade | 31 |
| 4. | A FERRAMENTA RADMODEL | 34 |
| 4.1 | A ARQUITETURA DA RADMODEL | 34 |
| 4.2 | DETALHAMENTO DOS MÓDULOS DA RADMODEL | 36 |
| 4.2.1 | Interface..... | 36 |
| 4.2.2 | Gerente de Classes | 39 |
| 4.2.3 | Gerador de Termos | 41 |
| 4.2.4 | Verificador de Sintaxe..... | 44 |
| 4.2.5 | Verificador de Semântica..... | 48 |
| 4.2.6 | Módulo de Arquivamento e Recuperação..... | 50 |
| 5. | CONCLUSÃO..... | 54 |
| 5.1 | A CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA..... | 54 |
| 5.2 | TRABALHOS FUTUROS..... | 55 |
| ANEXO 1 – LISTAGEM DA SEQÜÊNCIA DE LAUDOS COLETADOS | | |
| | NO AMBIENTE PRÁTICO DA CLÍNICA RADIOLÓGICA..... | 57 |
| | ANEXO 1.1 - LAUDOS DA CLASSE DE ANORMALIDADE SINUSITE ... | 58 |
| | ANEXO 1.2 - LAUDOS DA CLASSE DE ANORMALIDADE FRATURA | |
| | DE OSSOS | 71 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 84 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| 1. LAUDOS DE DOIS MÉDICOS RADIOLOGISTAS REFERENTES À MÃO ESQUERDA..... | 2 |
| 2. LAUDOS DE DOIS MÉDICOS RADIOLOGISTAS REFERENTES À COLUNA CERVICAL..... | 3 |
| 3. DIAGRAMA REPRESENTANDO AS FERRAMENTAS DO AMBIENTE RUI | 4 |
| 4. ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE CARDIOMEGALIA (<i>HEART-ENLARGEMENT</i>)..... | 28 |
| 5. DESCRIÇÃO PARCIAL DA ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE SINUSITE..... | 29 |
| 6. DESCRIÇÃO PARCIAL DA ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE FRATURA DE OSSOS: MEMBROS INFERIORES..... | 30 |
| 7. DESCRIÇÃO PARCIAL DO COMPONENTE SEIO MAXILAR DIREITO..... | 32 |
| 8. DIAGRAMA DE MÓDULOS DA FERRAMENTA RADMODEL..... | 35 |
| 9. TELA INICIAL DA FERRAMENTA RADMODEL | 37 |
| 10. INTERFACE PARA A CRIAÇÃO DE UMA CLASSE DE ANORMALIDADE..... | 40 |

| | |
|--|----|
| 11. INCLUSÃO DE UM NOVO ITEM NA ESTRUTURA ANATÔMICA... | 43 |
| 12. A INTERFACE DA FERRAMENTA PARA A CRIAÇÃO DE UMA RELAÇÃO LÓGICA..... | 45 |
| 13. ESTRUTURA INTERNA DO ARQUIVO "SINUSITE.TXT"..... | 51 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|--|
| CAI | <i>COMPUTER AIDED INSTRUCTION</i> |
| ITS | <i>INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS</i> |
| IA | INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL |
| RUI | <i>REPRESENTATION FOR UNDERSTANDING IMAGES</i> |
| UFPR | UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ |

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. A dissertação 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.

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.

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – O PROBLEMA PRINCIPAL

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, 1984; Lesgold et. ali, 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, 1991), 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 nas duas figuras abaixo (Figuras 1 e 2), onde são apresentados dois exemplos de laudos médicos obtidos de casos clínicos reais, elaborados por médicos radiologistas diferentes, diretamente numa clínica radiológica.

| <u>MÃO ESQUERDA</u> | <u>MÃO ESQUERDA</u> |
|--|---|
| <i>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.</i> | <i>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.</i> |
| <i>Médico X</i> | <i>Médico Y</i> |

FIGURA 1 - LAUDOS DE DOIS MÉDICOS RADIOLOGISTAS REFERENTES À MÃO ESQUERDA

| <u>COLUNA CERVICAL</u> | <u>COLUNA CERVICAL</u> |
|--|--|
| <i>Desmineralização óssea difusa. Artrose incipiente de articulações interfacetárias. Espaços discais preservados.</i> | <i>Corpos vertebrais desmineralizados. Espaços intervertebrais conservados. Discretas alterações degenerativas das articulações inter-apofisárias.</i> |
| <i>Médico X</i> | <i>Médico Y</i> |

FIGURA 2 - LAUDOS DE DOIS MÉDICOS RADIOLOGISTAS REFERENTES À COLUNA CERVICAL

Nos dois exemplos apresentados 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 de dissertação.

1.2 – O AMBIENTE RUI

O ambiente RUI (*Representations for Understanding Images*) é um ambiente para projeto de ITSs (Sistemas Tutores Inteligentes) destinados ao ensino de conceitos visuais. Basicamente é um ambiente onde um especialista em radiologia médica com o auxílio de um especialista em representação do conhecimento, consegue projetar um ITSs e modificá-lo facilmente. Este ambiente foi desenvolvido por Direne (1993), durante a realização do seu doutorado na Universidade de Sussex.

A arquitetura do ambiente RUI é basicamente dividida em duas partes: módulo de autoria, que é onde o autor do ITS insere o seu conhecimento sobre o domínio; e módulo de ensino, que é a parte responsável pelo ensino do ITS projetado pelo especialista no domínio.

O ambiente RUI pode ser dividido em 3 níveis, com a implementação de 3 (três) ferramentas respectivamente, como pode ser visto no diagrama apresentado abaixo na figura 3.

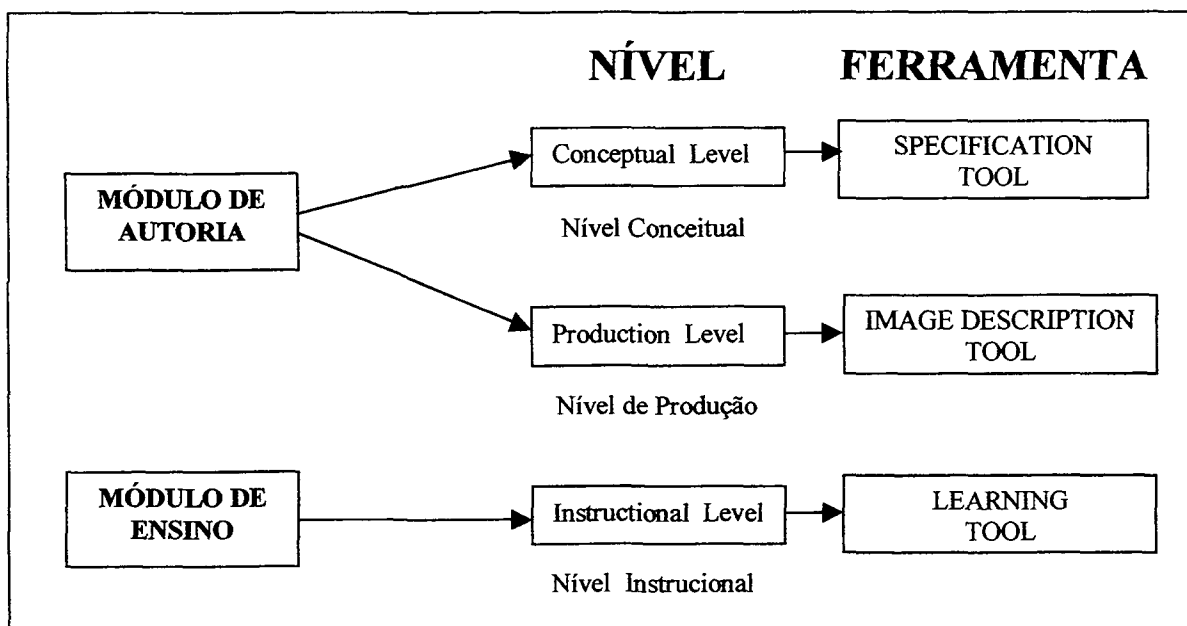


FIGURA 3 - DIAGRAMA REPRESENTANDO AS FERRAMENTAS DO AMBIENTE RUI

A ferramenta do nível conceitual (SPECIFICATION TOOL) é responsável pela descrição e modelagem das classes de anormalidade, com cada componente anatômico encapsulando o conhecimento de domínio e as operações que guiarão o ensino (regras de ensino e regras de proteção). Entre os aspectos principais desta ferramenta podemos citar:

- linguagem de autoria, integrada a uma ferramenta de *software*, capaz de permitir a definição dos principais módulos de um Sistema Tutor Inteligente para o ensino de conceitos visuais: modelo do domínio, modelo do aprendiz e modelo pedagógico;
- permite o uso de paradigmas complementares para a representação dos conhecimentos: Orientado a Objetos e Orientado a Lógica;
- é direcionada à definição de classes de anormalidades dentro de domínios de conceitos visuais, facilitando para que o autor de curso se dedique apenas ao ensino, e não a atividade prática de diagnóstico.

Porém, apesar dos avanços gerados pelo ambiente RUI na modelagem e construção de ITSs para o ensino de conceitos visuais aplicados à radiologia médica, é possível identificar algumas limitações que fazem das duas ferramentas do módulo de autoria do RUI, (SPECIFICATION TOOL e IMAGE DESCRIPTION TOOL), elementos não apropriados para serem inseridos no ambiente prático da clínica radiológica, visando a coleta de material de ensino. Estas limitações são apresentadas abaixo, tornando clara esta impossibilidade:

- exige a descrição de parte do conhecimento específico em Lógica de Predicados de Primeira Ordem, impondo uma sobrecarga para os

especialistas em radiologia que não conhecem esta forma de representação lógica, sendo necessária a presença de um especialista em representação do conhecimento para a descrição das classes de anormalidades;

- utiliza uma forma de hierarquização forçada para a estruturação dos componentes anatômicos pertencentes a uma classe de anormalidade, sendo que esta forma apresenta rejeições por parte de alguns médicos especialistas em radiologia;
- não faz nenhuma distinção quanto à natureza das características do objeto em estudo (imagem radiológica). Em estudos com especialistas em radiologia, notou-se a utilização prática de conceitos que geram uma classificação quanto à natureza das características em: dados biofísicos, dados clínicos e dados visuais da imagem;
- possui uma ligação excessivamente forte entre o conhecimento representado para o modelo do domínio e o modelo pedagógico, fazendo com que estes conhecimentos sejam quase inseparáveis. Isto provoca um grande aumento do esforço necessário aos médicos radiologistas para a definição das classes de anormalidade. Além disso, mesmo que a fase de pré-diagnóstico (nível conceitual), inclua o conhecimento de como ensinar sobre o domínio de uma classe de anormalidade, detalhes específicos de como ensinar cada diagnóstico singular não podem ser fornecidos durante a atividade da prática clínica, pois isto causaria uma grande interferência na rotina produtiva de confecção de laudos radiológicos.

1.3 – OBJETIVO DO PROJETO

O objetivo deste projeto de dissertação é o de criar 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 serão 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, representará um avanço sobre a ferramenta SPECIFICATION TOOL do ambiente RUI (Direne,1993), pois conterà uma abordagem minimalista para a representação do conhecimento de maneira a isolar apenas as descrições de elementos essenciais ao pré-diagnóstico (nível conceitual), para que seja possível, futuramente, criar uma outra ferramenta para o apoio ao próprio diagnóstico, sendo capaz também de capturar o material para o ensino.

Com o desenvolvimento deste trabalho, é possível afirmar que a ferramenta RadModel é uma importante contribuição em direção à fronteira de inserção de

ferramentas de *software* no próprio ambiente da prática radiológica, que sejam capazes de automatizar a confecção de diagnósticos juntamente com o fornecimento de material estruturado e pronto para ser utilizado no ensino de conceitos visuais aplicados à área de radiologia médica.

1.4 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho de dissertação apresenta uma divisão formada por 5 (cinco) capítulos. No capítulo 2 (dois) , inicia-se com uma revisão sobre a perícia em conceitos visuais, particularmente no ensino de conceitos visuais aplicados à área de radiologia médica. Na seqüência, são revisados conceitos sobre ferramentas de autoria, bem como discutidos aspectos da sua utilização na construção de um ITS. Este capítulo termina com a discussão sobre os sistemas de apoio ao relato do diagnóstico, apresentando as limitações dos poucos sistemas especialistas em radiologia médica existentes.

No capítulo 3 (três) são apresentados os elementos genéricos do diagnóstico radiológico. Primeiramente é relatado o estudo de caso desenvolvido neste trabalho, e serão descritos os passos metodológicos seguidos para a abordagem conceitual do processo de estruturação do diagnóstico. Na seqüência são apresentados os elementos conceituais que formam a estrutura genérica do laudo, seguida da estruturação mínima do material necessário ao ensino, com a organização por componentes anatômicos e a formação das classes de anormalidade.

Na seqüência é apresentado o capítulo 4 (quatro), que é destinado a descrição da ferramenta desenvolvida como um protótipo para este trabalho. São apresentados aspectos de sua implementação, bem como a arquitetura da ferramenta através do seu diagrama de módulos. O capítulo ainda apresentará algumas subseções que destinam-se ao detalhamento dos módulos que formam a ferramenta, relatando as funcionalidades e particularidades de cada um deles.

A dissertação é finalizada com o capítulo 5 (cinco), que é a conclusão do trabalho, onde são apresentadas discussões e as contribuições deste trabalho para a comunidade científica, seguidos de alguns apontadores para trabalhos futuros a serem desenvolvidos. O trabalho é completado com a descrição dos anexos, onde podem ser consultados alguns modelos de laudos radiológicos reais, obtidos diretamente no estudo de caso desenvolvido na clínica radiológica, pertencentes as classes de anormalidade “sinusite” e “fratura de ossos”.

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, 1984).

Em sua pesquisa que aborda as capacidades de radiologistas em diferentes níveis de habilidade, Lesgold (Lesgold et al., 1989), 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, 1991), a utilização do computador como forma complementar 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,1989), que foi o primeiro tutor para radiologia cardíaca, e o MRI-Tutor (Direne,1993;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., 1995).

A metodologia empregada no desenvolvimento do MR-Tutor (Sharples et. al., 1995), 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. As próximas subseções fazem referência ao ambiente do estudo de caso assim como ao método empírico utilizado.

3.1.1 – O ambiente escolhido

Os estudos foram realizados na Clínica Radiológica Sudoeste, situada no município de Pato Branco, estado do Paraná. Esta clínica foi escolhida por ser a maior clínica radiológica da região, atendendo o sudoeste paranaense e oeste de Santa Catarina. Ela 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. 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;
- a existência de uma predisposição da direção da clínica para fazer intercâmbios na área de pesquisa e treinamento.

3.1.2 – A abordagem empírica

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, simultaneamente ao acompanhamento do trabalho rotineiro destes especialistas e seus auxiliares técnicos na produção de diagnósticos diretamente no ambiente prático da clínica radiológica.

b) seleção do material a ser estudado, para um acompanhamento concentrado em poucas anormalidades. Isto foi necessário devido à abrangência da radiologia geral, ficando o estudo restrito a duas classes de anormalidades: fratura de ossos e sinusite. A escolha destas anormalidades se deve ao fato de ocorrerem com maior frequência na clínica, possibilitando uma análise mais ampla destes materiais.

c) coleta dos casos clínicos a serem estudados dentro do escopo selecionado. Foram coletados cerca de 30 laudos radiológicos, com casos reais do

ambiente prático, para cada classe de anormalidade a ser estudada neste trabalho. Veja o anexo 1, que contém exemplos dos laudos coletados.

d) 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. Ela foi seguida de uma análise comparativa dos casos clínicos coletados com os formalismos existentes no ambiente RUI (Direne, 1997), no que diz respeito ao modelo do domínio, apesar do ambiente RUI oferecer também mecanismos para a abordagem pedagógica de conceitos visuais.

e) criação de elementos de uma meta-linguagem para a descrição de classes de anormalidades através da estruturação dos diagnósticos .

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

3.2 – DERIVAÇÃO DE ELEMENTOS

3.2.1 – A estrutura genérica do laudo

Para tornar possível a utilização para o ensino do material produzido no próprio ambiente prático da clínica radiológica médica, foram necessários estudos em conjunto com profissionais especializados neste domínio. O estudo foi completamente conduzido no próprio ambiente da prática clínica, revelando fatores de valor puramente empírico e que, devido a isso, não poderiam ser derivados a partir de conceitos sobre princípios teóricos. Tais estudos resultaram na 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 de atributos para o laudo radiológico, formado pela representação das características de uma classe de anormalidade e seus valores, assim como das relações lógicas existentes entre estas características.

Nas duas subseções apresentadas abaixo, será melhor descrito cada elemento que compõem este espaço de atributos.

3.2.1.1 – Características e seus valores

A estruturação do laudo radiológico passa pela explicitação das características dos componentes anatômicos que formam uma classe de anormalidade e seus respectivos valores possíveis, através da definição destes elementos pelos especialistas em radiologia médica.

As características podem ser divididas basicamente em três classes de dados, dependendo da sua natureza: dados biofísicos, dados clínicos e dados visuais da imagem. Abaixo, é apresentada esta divisão com alguns exemplos de cada classe:

- ◆ **Dados Biofísicos:** são os dados que são extraídos através de um exame físico do corpo do paciente, através de aferições e observações de características e anormalidades.

Exemplos: sexo, idade, peso, altura, etnia, pressão arterial, temperatura do corpo, entre outras.

◆ **Dados Clínicos:** dados complementares obtidos através de uma entrevista com o paciente no consultório médico, ou no momento do exame na clínica com os médicos radiologistas. Este processo é conhecido no meio médico como anamnese.

Exemplos: presença de dor, edema, dados históricos do paciente, presença de manchas na pele, náuseas, entre outras informações.

◆ **Dados Visuais da imagem:** são as características essenciais da área da radiologia médica, que são observadas no momento da análise da imagem pelos médicos radiologistas, em busca da definição de diagnóstico para o paciente no caso clínico estudado.

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, que serão descritas e exemplificadas abaixo:

1 – **Qualitativo ordenada:** conjunto de valores organizados de forma que a ordem apresentada reflete a relação entre os valores possíveis para a característica, podendo ser utilizada esta escala para a comparação entre os valores do conjunto.

Exemplo: Característica: tamanho --> Valores: normal, ligeiramente aumentado, moderadamente aumentado, aumentado, notadamente aumentado, grosseiramente aumentado.

2 – Qualitativo nominal: conjunto formado por valores onde não há nenhuma relação entre as ordens apresentadas, servindo apenas para delimitar um espaço de valores que irão nominar aquela característica.

Exemplo: Característica: cor (fator de atenuação aos raios-X ou intensidade de resposta ao ultrassom, traduzindo-se em tonalidade que varia entre o branco total e preto total). --> Valores: cinza claro, branco, cinza escuro, preto, cinza.

3 – Quantitativo inteiro: conjunto de valores numéricos que representam uma medida coberta por valores inteiros. Para a delimitação dos valores possíveis, é informado um limite inferior e um limite superior para o conjunto.

Exemplo: Característica: comprimento --> Valores: Limite Inferior: 30
Limite Superior: 90.

4 – Quantitativo real: conjunto de valores numéricos expressados por números reais que, em certas instâncias representam proporções anatômicas. Também são informados os limites inferior e superior do conjunto.

Exemplo: Característica: diâmetro --> Valores: Limite Inferior: 2,45
Limite Superior: 3,85.

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.

3.2.1.2 – Relações lógicas entre características

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

Já para o ensino de conceitos visuais aplicados à radiologia médica, a utilização das relações lógicas servirão para orientar o ensino, mantendo um diálogo tutorial consistente. Abaixo será apresentado um exemplo de uma relação lógica utilizada no ambiente RUI (Direne,1997), representada através da lógica de predicados de 1ª ordem.

$$lv_h_abnormal: \forall x \forall y \forall z (left_ventricle(x) \wedge size(x,y) \wedge \neg (y = "normal") \Rightarrow \exists w (heart(z) \wedge size(z,w) \wedge \neg (w = "normal"))))$$

Esta relação lógica pertence a uma descrição parcial do componente ventrículo esquerdo, subparte do componente coração, e significa: "sempre que o tamanho do ventrículo esquerdo é anormal, também é anormal o tamanho do coração".

Como pode ser visto acima, a descrição de uma relação lógica através da lógica de predicados de 1ª ordem é uma tarefa nada trivial, exigindo também conhecimentos aprofundados da sintaxe desta forma lógica. A partir destes estudos, objetivando a redução da carga cognitiva necessária aos especialistas em radiologia para a descrição de uma relação lógica, optou-se pela simplicidade na descrição em lógica proposicional estendida, bem próxima a uma pseudolinguagem natural.

Desta forma, a descrição de uma relação lógica é realizada através de proposições lógicas, utilizando um conjunto de palavras-chave formado por conectores lógicos, operadores relacionais e pelo tripé: <P> parte anatômica, <C> característica e <V> valor.

Os conectores lógicos que podem ser utilizados na proposição são os seguintes: NÃO (\neg); E (\wedge); OU (\vee); EQUIVALE (\Leftrightarrow); IMPLICA EM (\Rightarrow). Também são utilizados os operadores relacionais: MENOR ($<$); MAIOR ($>$); MENOR OU IGUAL (\leq); MAIOR OU IGUAL (\geq); IGUAL ($=$) e DIFERENTE (\neq).

Abaixo será apresentado um exemplo da mesma relação lógica descrita no exemplo anterior em lógica de predicados de 1ª ordem no ambiente RUI, agora na forma lógica proposicional estendida.

*ve_c_anormal: 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 realizado através do conector 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.

A seguir, serão apresentados outros exemplos de relações lógicas utilizando esta lógica proposicional estendida.

- Lesão expansiva da epífise do fêmur: toda vez que a largura da epífise do fêmur for maior do que 1.1 da largura da metáfise, então há lesão expansiva.

epif_les_exp: largura da epífise do fêmur MAIOR que 1.1 IMPLICA EM lesão da epífise IGUAL a expansiva

- Hipovascularização (vascularização diminuída): toda vez que a largura da epífise do fêmur for menor do que 0.9 da largura da metáfise, então há hipovascularização.

epif_hipo: largura da epífise do fêmur MENOR que 0.9 IMPLICA EM vascularização IGUAL a diminuída

- Desvio de septo nasal: se existe desvio de septo nasal, então há disfunção respiratória alta.

desv_sep: desvio de septo nasal IGUAL a "presente" IMPLICA EM disfunção respiratória IGUAL a "alta"

- Sinusite crônica: se houver espessamento de mucosa de seio maxilar, então ocorre sinusite do tipo crônica.

sinu_cron: paredes de seio maxilar IGUAL a "mucosa espessada"

IMPLICA EM sinusite crônica

3.2.2 – Estrutura mínima do material para o ensino

Para tornar possível a utilização de materiais extraídos da clínica radiológica no ensino de conceitos visuais aplicados à radiologia médica, foi necessária a estruturação deste material de forma minimizada de seu conteúdo.

Esta estruturação foi baseada apenas no material de natureza de domínio da área radiológica, sem se preocupar com o conteúdo pedagógico. Todos os estudos foram desenvolvidos a partir da análise das limitações do ambiente RUI (Direne,1997), conforme apresentado no capítulo 1. Isto ocorre, embora neste ambiente o material estruturado para o ensino envolva além do módulo de domínio, também o módulo com conteúdo pedagógico.

Na seqüência deste trabalho, será apresentada a estrutura mínima criada para o material a ser utilizado no ensino.

3.2.2.1 – A organização por componentes anatômicos

A preparação do material de domínio a ser utilizado no ensino de radiologia médica envolve a estruturação por componentes anatômicos, através da organização da estrutura anatômica de uma classe de anormalidade.

Nos estudos realizados no ambiente RUI (Direne,1997), constatou-se que a organização da estrutura anatômica é realizada através de uma descrição orientada a objeto, que é guiada pela informação sobre a estrutura anatômica do objeto, como exemplo, os componentes e subcomponentes que formam o corpo humano. A utilização desta forma de organização, semelhante a um organograma de uma empresa, cria uma estrutura hierárquica rígida para descrever os componentes anatômicos pertencentes a uma classe de anormalidade. Isto pode ser visto na figura abaixo (Figura 4), utilizada para descrever uma classe de anormalidade no ambiente RUI.

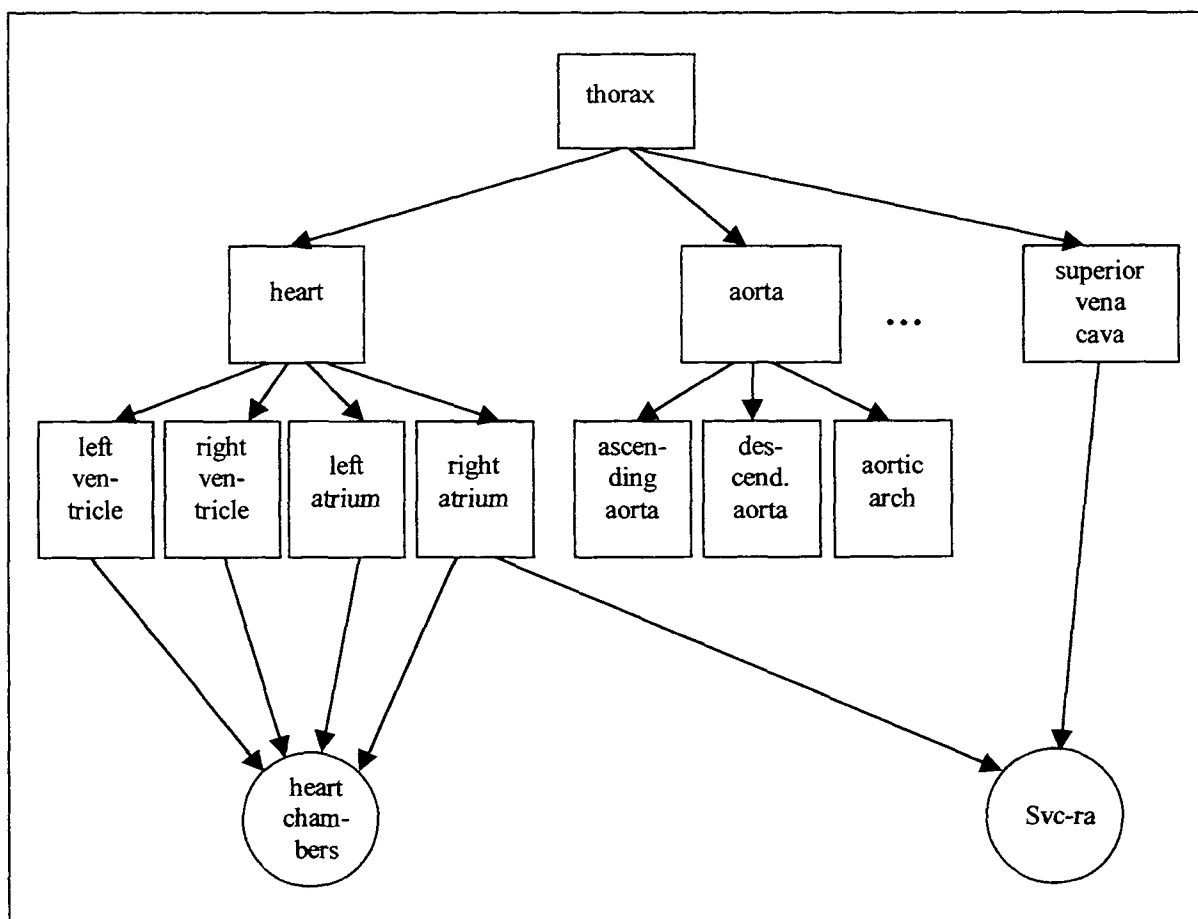


FIGURA 4 - ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE CARDIOMEGALIA (HEART-ENLARGEMENT)

A partir desta estrutura rígida do RUI, foram realizados estudos com os médicos radiologistas durante a prática clínica. A partir disto, surgiu a sugestão por parte dos médicos especialistas, da criação de uma estrutura mais flexível, em forma textual, mais simples de ser representada, se aproximando da escrita humana.

Com isto, foi criada uma forma de organização para a representação das estruturas anatômicas através da “itemização” dos componentes anatômicos de uma classe de anormalidade. Nesta forma de estruturação, cada componente anatômico corresponde a um item, sendo o mesmo numerado de acordo com sua respectiva posição na estrutura anatômica da classe de anormalidade que está sendo descrita.

Nas duas figuras apresentadas abaixo (Figuras 5 e 6), podem ser vistos exemplos da descrição de estruturas anatômicas utilizando a forma de itemização.

- 1 – Cavidades para-nasais
 - 1.1 – Seios maxilares
 - 1.1.1 – Sm Direito
 - 1.1.2 – Sm Esquerdo
 - 1.2 – Seios frontais
 - 1.2.1 – Sf Direito
 - 1.2.2 – Sf Esquerdo
 - 1.3 – Células etmoidais
 - 1.4 – Seio esfenoidal
- 2 – Nariz
 - 2.1 - Septo nasal
 - 2.2 – Fossa nasal
 - 2.2.1 – Fn Direita
 - 2.2.2 – Fn Esquerda
- 3 - Estrutura óssea. (Osso próprio do nariz)

FIGURA 5 – DESCRIÇÃO PARCIAL DA ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE SINUSITE

- 1 - Membros Inferiores
 - 1.1 – Fêmur
 - 1.1.1 – Corte Transversal
 - 1.1.1.1 – Cortical
 - 1.1.1.2 – Medular
 - 1.1.2 – Corte Longitudinal
 - 1.1.2.1 – Epífise
 - 1.1.2.2 – Metáfise
 - 1.1.2.3 – Diáfise
 - 1.2 – Ossos da perna
 - 1.2.1 – Tibia
 - ...
 - 1.2.2 – Fíbula
 - ...
 - 1.3 – Ossos do pé
 - 1.3.1 – Metatarseanos
 - ...
 - 1.3.2 – Falanges
 - ...
 - ...

FIGURA 6 – DESCRIÇÃO PARCIAL DA ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE FRATURA DE OSSOS: MEMBROS INFERIORES

Observação: apenas para o fêmur foram feitas as subdivisões quanto aos cortes transversal e longitudinal, porém, todos os outros ossos longos também possuem esta mesma subdivisão.

A utilização da itemização para a descrição das estruturas anatômicas trouxe uma grande contribuição a este trabalho, pois possibilita a inserção da ferramenta desenvolvida, que será descrita no capítulo 4, no próprio ambiente prático da clínica radiológica.

Com isto, será possível a modelagem do material de domínio a ser utilizado no ensino de conceitos visuais aplicados à radiologia médica, obtido diretamente do

ambiente prático, possibilitando a obtenção de grandes quantidades de materiais de ensino, como subproduto da prática pericial. Desta forma, mesmo perdendo qualidade do conhecimento pedagógico que envolve o material a ser produzido, pois não prevê a modelagem de regras de ensino como no ambiente RUI, estamos atingindo a finalidade de obtermos materiais em quantidades satisfatórias de qualidade razoável (Nicolson e Scott, 1986), mantendo um equilíbrio no que tange a relação qualidade versus quantidade.

3.2.2.2 – A formação de classes de anormalidade

Uma classe de anormalidade é constituída por elementos do conhecimento do domínio, sendo estruturada a partir da representação anatômica genérica dos exemplares da classe. Além disso, a classe de anormalidade também vêm acompanhada pela descrição detalhada de cada componente anatômico abstrato por meio do encapsulamento de suas características e relações lógicas.

A representação de todos os componentes anatômicos forma a estrutura anatômica genérica de uma classe de anormalidade. Como pode ser visto na subseção anterior, neste trabalho, optamos pela descrição dos componentes utilizando a forma de organização através da itemização.

De forma incremental, durante a formação da estrutura anatômica da classe de anormalidade, cada componente anatômico abstrato tem a descrição de seu espaço de atributos formado a partir de um conjunto próprio de características e seus respectivos valores. Para complementar e refinar o referido espaço de atributos de um componente genérico, é fornecido também um conjunto de relações lógicas

que envolvem as características daquele componente, podendo tais relações incluir as características de outro componente anatômico genérico.

Abaixo será apresentado um exemplo da formação de um componente anatômico abstrato, segundo os padrões descritos na subseção 3.2.1, que trata da estrutura genérica do laudo, descrevendo sobre a criação das características e das relações lógicas entre características.

```

*** CARACTERISTICAS ***
PAREDES=[V][2]{NORMAL,MUCOSA ESPESADA, PRESENCA DE CISTO, LESAO OSSEA}
CAVIDADE=[V][2]{PRESENCA DE AR, PRESENCA DE LIQUIDO}
TRANSPARENCIA=[V][2]{NORMAL, HIPOTRASPARENTE}
AFUNDAMENTO=[V][4]{0.1, 3.0}
HISTORICO=[C][2]{NORMAL, CEFALEIA, SECRECAO NASAL, PRESENCA DE FEBRE}
*** RELACOES LOGICAS ***
[TRANSPARENCIA NORMAL]
cavidade de sm direito IGUAL a "presenca de ar" IMPLICA EM
transparencia de sm direito IGUAL a "normal"
[HIPOTRASPARENCIA]
transparencia de sm direito IGUAL a "hipotransparente"
IMPLICA EM cavidade de sm direito IGUAL a "presenca de liquido"
[SINUSITE CRONICA]
paredes de sm direito IGUAL a "mucosa espessada" IMPLICA EM
sinusite cronica
[SINUSITE AGUDA]
cavidade de sm direito IGUAL a "presenca de liquido" E historico
IGUAL a "cefaleia" E historico IGUAL a "secrecao nasal" E
historico IGUAL a "presenca de febre" IMPLICA EM sinusite aguda
[HERNIA ORBITARIO INFERIOR]
paredes de sm direito IGUAL a "lesao ossea" E afundamento de
sm direito MAIOR que 0.5 IMPLICA EM hernia de musculo reto
orbitario inferior

```

FIGURA 7 – DESCRIÇÃO PARCIAL DO COMPONENTE SEIO MAXILAR DIREITO

Este exemplo demonstra a descrição parcial do componente Seio Maxilar Direito, pertencente a classe de anormalidade "Sinusite" (item 1.1.1 descrito na Figura 5), através da utilização da ferramenta que será descrita no capítulo 4.

Para este componente anatômico foi gerada uma descrição textual, dividida conceitualmente em duas partes, sendo a primeira destinada à descrição de suas

características/valores e a segunda às relações lógicas entre características. Na subseção 4.2.6, serão descritas as simbologias utilizadas para o arquivamento das informações do componente anatômico, objetivando a compreensão da forma de representação interna mostrada na figura acima.

4 - A FERRAMENTA RADMODEL

Neste capítulo será descrita uma ferramenta chamada de RadModel, que foi construída para permitir a modelagem de estruturas genéricas para a representação de diagnósticos radiológicos, no ambiente prático da clínica radiológica. A partir desta modelagem será possível organizar e estruturar o material radiológico que será coletado por uma segunda ferramenta, de produção de laudos radiológicos, a ser desenvolvida num trabalho futuro, propiciando a produção de material de ensino como subproduto da prática pericial.

As próximas seções deste capítulo serão para descrever a arquitetura desta ferramenta e as funcionalidades de cada um dos seus módulos..

4.1 – A ARQUITETURA DA RADMODEL

A ferramenta RadModel foi construída a partir dos estudos preliminares que foram realizados com os médicos especialistas na clínica radiológica, através do cumprimento dos passos metodológicos que foram descritos na subseção 3.1.2. deste trabalho.

Para a implementação desta ferramenta foi escolhida a linguagem de programação “C”¹, sendo que foram considerados alguns fatores importantes para

¹ Linguagem de Programação C, versão Turbo C 2.0, © Borland International.

esta escolha: é uma linguagem indicada para escrever sistemas complexos, possuindo força computacional para a construção de ferramentas genéricas; é uma linguagem que possui confiabilidade e regularidade; apresenta facilidades para a criação e manipulação de dados em arquivos em disco com formatos diversos; pode ser executada em qualquer terminal textual para comunicação padronizada com futuras interfaces-clientes WWW; apresenta facilidade de uso e portabilidade, possuindo facilidades para serem feitas adaptações com outra interface futura, por exemplo, sobre a plataforma UNIX; entre outros. É importante destacar também que uma outra razão para a escolha da linguagem “C” na confecção da ferramenta deste projeto, surge devido ao amplo domínio desta linguagem de programação pelo autor deste trabalho, o que facilitou a implementação da ferramenta RadModel.

Para que fosse possível a modelagem e a formação de estruturas genéricas para representar os futuros diagnósticos radiológicos consistentes, a arquitetura da ferramenta foi projetada através da criação de 6 (seis) módulos. O diagrama abaixo representa os módulos utilizados, bem como as ligações inter-modulares.

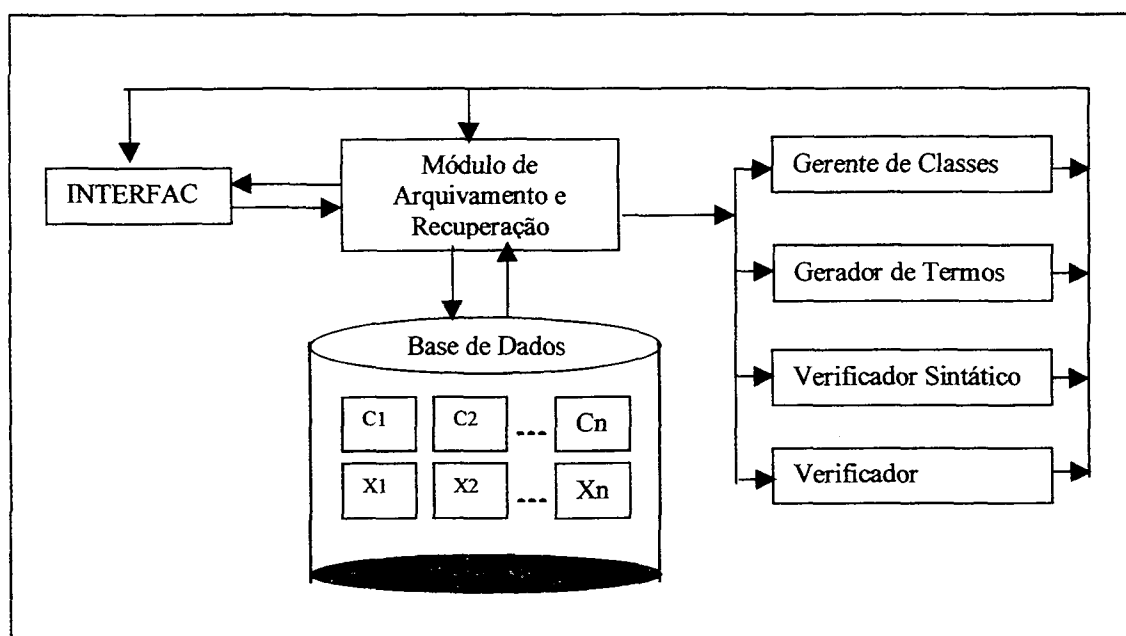


FIGURA 8 – DIAGRAMA DE MÓDULOS DA FERRAMENTA RADMODEL

A próxima seção será destinada à descrição das funcionalidades de cada um destes módulos. Na subseção 4.2.6, será relatado sobre a formação da base de dados utilizada pela ferramenta, com a descrição dos diversos arquivos utilizados, bem como os exemplos no diagrama: C1,C2,Cn e X1,X2,Xn.

4.2 – DETALHAMENTO DOS MÓDULOS DA RADMODEL

4.2.1 – Interface

A criação de uma ferramenta inclui a definição da forma de comunicação com os usuários do sistema, definindo os mecanismos de interação homem-computador. A escolha da linguagem de programação é importante para a utilização de recursos que facilitem a forma da interface a ser projetada.

Para o desenvolvimento deste trabalho, com a escolha de uma linguagem de programação que apresenta basicamente recursos de interface em forma textual, e como o objetivo da ferramenta é a modelagem das estruturas radiológicas em modo texto, optou-se por uma simplificação na formação dos componentes da interface, mesmo que isso venha a trazer limitações ao protótipo.

A Figura 9 mostra um exemplo da tela inicial da ferramenta, onde podem ser observados os componentes principais que formam a interface.

Como pode ser visto, a interface é textual semi-gráfica, sendo executada como uma janela no sistema operacional Windows². A interação com o usuário ocorre através de menus de opções, utilizando a entrada de dados padrão via

² Sistema Operacional Windows é marca registrada da empresa americana Microsoft Corporation.

teclado, podendo ser futuramente implementadas algumas funções de controle do mouse para facilitar a entrada de dados.

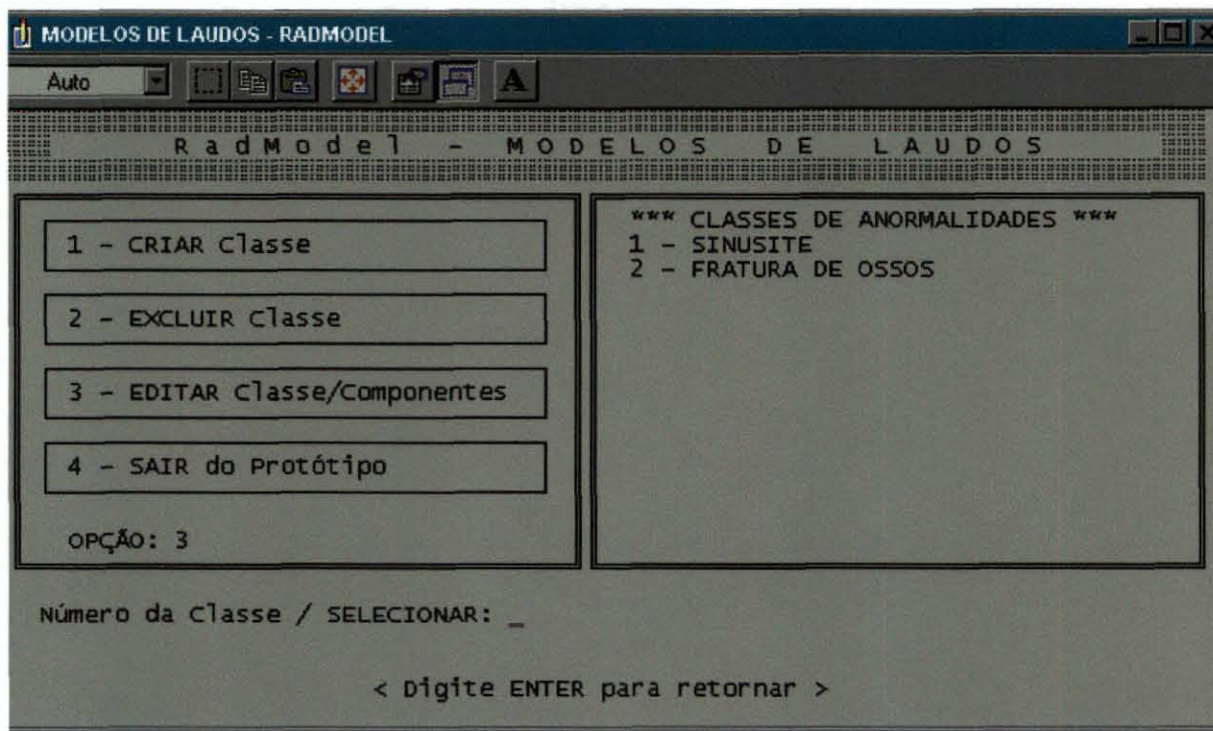


FIGURA 9 – TELA INICIAL DA FERRAMENTA RADMODEL

Um dos pontos relevantes no desenvolvimento da interface desta ferramenta foi a preocupação com a padronização de alguns procedimentos, visando tornar a interação mais agradável e de fácil aprendizagem pelos usuários. Como exemplos, podem ser citadas a padronização de mensagens de erro, confirmações, advertências, utilização de efeitos sonoros, entre outros.

Outro fator importante para a criação da interface de um sistema computacional é conhecer as características e habilidades dos usuários que utilizarão a ferramenta. A ferramenta RadModel foi desenvolvida para ser utilizada

no ambiente prático muito reservado da clínica radiológica. Portanto, apenas alguns poucos médicos radiologistas altamente especializados deverão efetuar descrições genéricas de futuros laudos por meio da RadModel.

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 exemplo, a criação das estruturas anatômicas de uma classe de anormalidade, através de itemização simples, que será melhor descrita na subseção 4.2.3 deste trabalho.

Outras facilidades também foram incorporadas à ferramenta no que se refere a forma de descrição das relações lógicas. Como a descrição através de fórmulas lógicas, como exemplo, em lógica de predicados, exigiria do perito também habilidades fora do domínio especializado, incluindo conhecimentos de programação e de engenharia do conhecimento, foi criado um mecanismo de descrição das relações lógicas através de uma forma textual em lógica proposicional estendida, próxima a uma pseudolinguagem natural.

Como pode ser visto, a interface da ferramenta RadModel é formada por componentes textuais, simples, porém, com inovações no que se refere ao poder de representação do conhecimento de domínio, facilitando o processo de aquisição deste conhecimento diretamente do ambiente prático através dos especialistas em radiologia, atendendo plenamente aos objetivos deste trabalho.

4.2.2 – Gerente de Classes

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. Estas são operações a serem executadas a partir da tela inicial da ferramenta, como é mostrado na Figura 9. Abaixo, será descrita brevemente a sistemática de criação e de extinção de uma classe de anormalidade.

A fase inicial do processo de criação de uma classe de anormalidade pelo usuário da ferramenta é bastante simples, bastando ser digitado um nome para a classe. Este nome será utilizado pela ferramenta em todas as operações referentes àquela classe. A ferramenta não limita o número de classes que podem ser criadas, podendo ser incluídas novas classes a qualquer momento. Veja a figura abaixo (Figura 10), que mostra a interação da ferramenta com o usuário no momento de criação de uma classe de anormalidade.

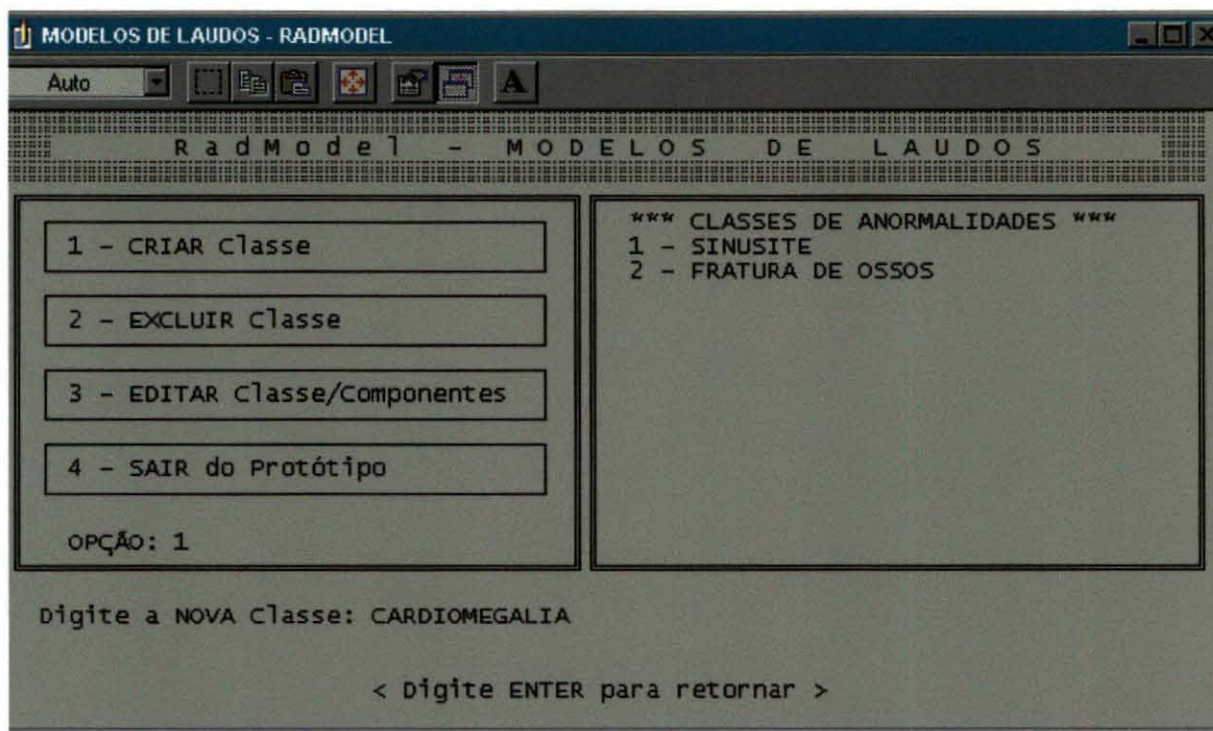


FIGURA 10 – INTERFACE PARA A CRIAÇÃO DE UMA CLASSE DE ANORMALIDADE

Já o módulo gerente de classes, quando da criação de uma nova classe, é responsável por diversas operações internas, sendo que as principais são descritas abaixo:

- converter todos os caracteres digitados para o nome da classe para letras maiúsculas;
- verificar se o nome da classe é um nome válido, segundo os padrões de nomenclatura seguidos pela ferramenta;
- gravar o nome da classe cadastrada num arquivo em disco chamado de "classes.txt", que funciona como um arquivo de índices para a ferramenta;
- efetivar a criação da classe através de algumas operações em disco: criação de um subdiretório para a classe de anormalidade, bem como a criação de um arquivo em disco que servirá para armazenar a estrutura anatômica da classe. O

nome do subdiretório e do arquivo da classe são definidos pelo gerador de termos, a subseção 4.2.3 explicará melhor sobre este procedimento.

Outro processo importante da ferramenta que é desenvolvido pelo módulo gerente de classes é a extinção ou eliminação de uma classe de anormalidade. Novamente a operação é simples para o usuário, bastando agora apenas selecionar a classe de anormalidade que deseja excluir. Após a confirmação da exclusão pelo usuário, o módulo gerente de classes realiza basicamente três operações:

- eliminar o nome da classe do arquivo de índices da ferramenta;
- apagar o arquivo em disco que armazena a estrutura anatômica da classe, bem como todos os arquivos que contém informações sobre os componentes anatômicos pertencentes àquela classe de anormalidade;
- remover do disco o subdiretório que foi criado para a classe de anormalidade.

Estas operações eliminam definitivamente todas as informações armazenadas pela ferramenta sobre a referida classe de anormalidade, não possuindo a ferramenta um mecanismo de recuperação próprio que seja capaz de restaurar os arquivos em disco. Este procedimento deverá ser implementado futuramente dentro do módulo gerente de classes.

4.2.3 – Gerador de Termos

Este módulo da ferramenta é 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, chamada de itemização. Abaixo, serão melhor detalhadas as funcionalidades destes dois procedimentos.

Como a ferramenta RadModel realiza várias operações com arquivos em disco, tornou-se necessária a padronização dos nomes dos arquivos e diretórios utilizados pelo sistema. O gerador de termos é responsável pela geração desta nomenclatura interna a partir dos nomes atribuídos aos objetos externamente pelo autor, como das classes de anormalidade e de seus componentes anatômicos.

Como exemplo, na criação de uma classe de anormalidade, o nome do subdiretório e do arquivo que armazenará a estrutura anatômica da classe, é criado pelo gerador de termos, seguindo os padrões do sistema operacional MS/DOS, pois a linguagem de programação utilizada para a criação da ferramenta trabalha com os arquivos neste formato.

O outro procedimento citado que é realizado pelo gerador de termos é a itemização, responsável pela forma de organização das estruturas anatômicas de uma classe de anormalidade. Como já foi citado na subseção 3.2.2.1 deste trabalho, esta forma de estruturação melhorou a descrição dos componentes anatômicos pertencentes a uma classe de anormalidade. Veja o exemplo na Figura 5, que mostra a descrição de uma estrutura anatômica usando a itemização, para a classe de anormalidade "Sinusite".

O gerador de termos é ativado no momento de inserção de um novo componente na estrutura anatômica, sendo gerado automaticamente, de forma serial, um número que é responsável pela identificação do nível do componente na

estrutura. Veja a Figura 11, abaixo, que mostra a interface da ferramenta no momento de criação do componente seio frontal esquerdo, "SF ESQUERDO".

Na janela menor que aparece no canto inferior esquerdo da ferramenta, é solicitada a informação que identificará se o novo componente pertence ao nível raiz da estrutura [N], ou então, se é um subnível [S]. Se for escolhida a opção [S], como no exemplo mostrado na figura abaixo, então é solicitado o operador "parte de:", que identificará a qual nível pai o componente será ligado. Na seqüência, o gerador de termos atribui automaticamente ao componente que está sendo criado o número referente ao próximo item de subnível disponível para o nível pai informado. No exemplo, foi gerado o nível 1.2.2, pois já existia na estrutura o nível 1.2.1 para o item seio frontal direito, "SF DIREITO".

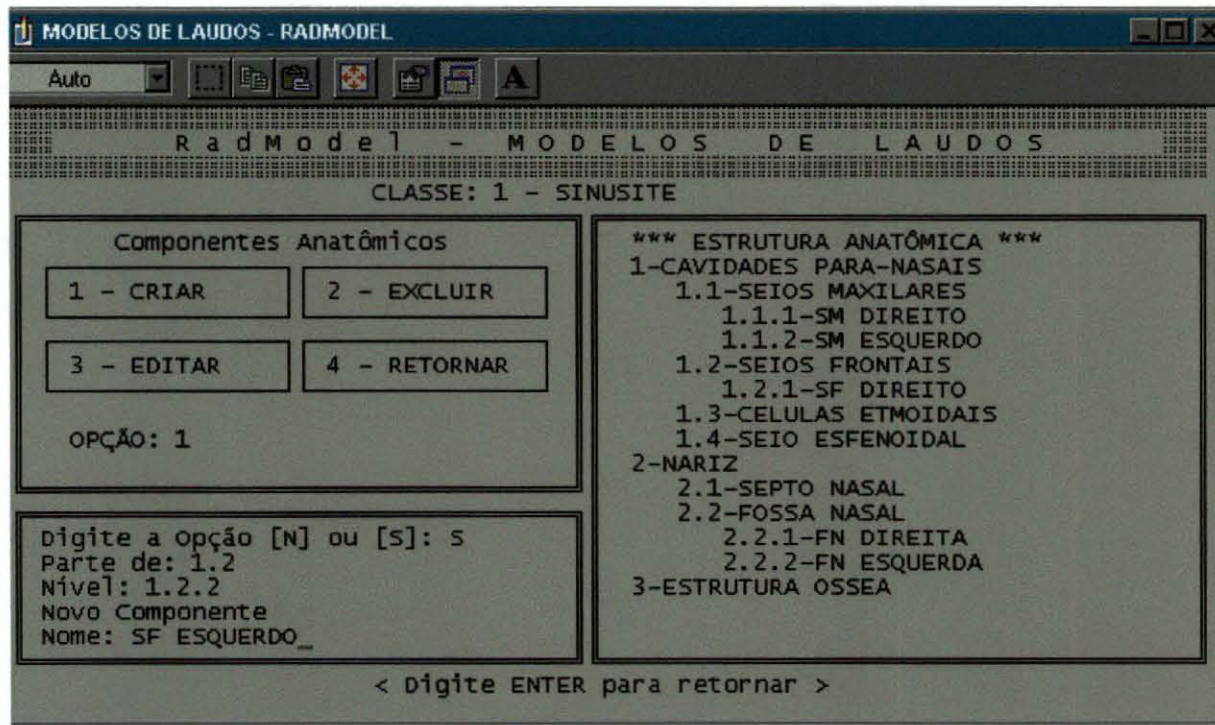


FIGURA 11 – INCLUSÃO DE UM NOVO ITEM NA ESTRUTURA ANATÔMICA

No momento de exclusão de um componente da estrutura anatômica de uma classe de anormalidade, também é ativado o gerador de termos para reorganizar toda a itemização da estrutura anatômica, podendo ser necessária a alteração da numeração atribuída aos itens, porém, isto não causa problemas nas informações armazenadas na base de dados da ferramenta, pois o número do item apenas identifica a ordem de apresentação e a disposição dos componentes anatômicos na estrutura da classe de anormalidade. Utilizando o mesmo exemplo descrito na Figura 11, se fosse excluído da estrutura o item “1.1.1 - SM DIREITO”, seio maxilar direito, com a reestruturação, seria modificado apenas o item “1.1.2 – SM ESQUERDO”, passando para “1.1.1 – SM ESQUERDO”.

É importante destacar que a operação de exclusão de um componente anatômico da estrutura, exclui também automaticamente todas as suas sub-partes, ou seja, todos os componentes pertencentes a subníveis do componente que está sendo excluído. Outro fator que necessita ser observado, é que esta eliminação não se reflete apenas na estrutura anatômica da classe de anormalidade, mas também ativa o gerente de classes que fará a exclusão dos arquivos em disco que contém as informações referentes ao espaço de atributos (características e relações lógicas) de cada componente excluído da classe de anormalidade.

4.2.4 – Verificador de Sintaxe

Como foi visto na subseção 3.2.1.2 deste trabalho, a ferramenta RadModel utiliza uma forma textual, através de uma lógica proposicional estendida bem

próxima a uma pseudolinguagem natural, para a descrição das relações lógicas entre as características de uma classe de anormalidade.

A descrição é realizada através de um editor de textos simples implementado na ferramenta, de forma aberta, como pode ser visto na Figura 12, que exemplifica a interface no momento de criação da relação lógica "SINUSITE CRÔNICA", pertencente ao componente anatômico "SM DIREITO", relativo à classe de anormalidade "SINUSITE".

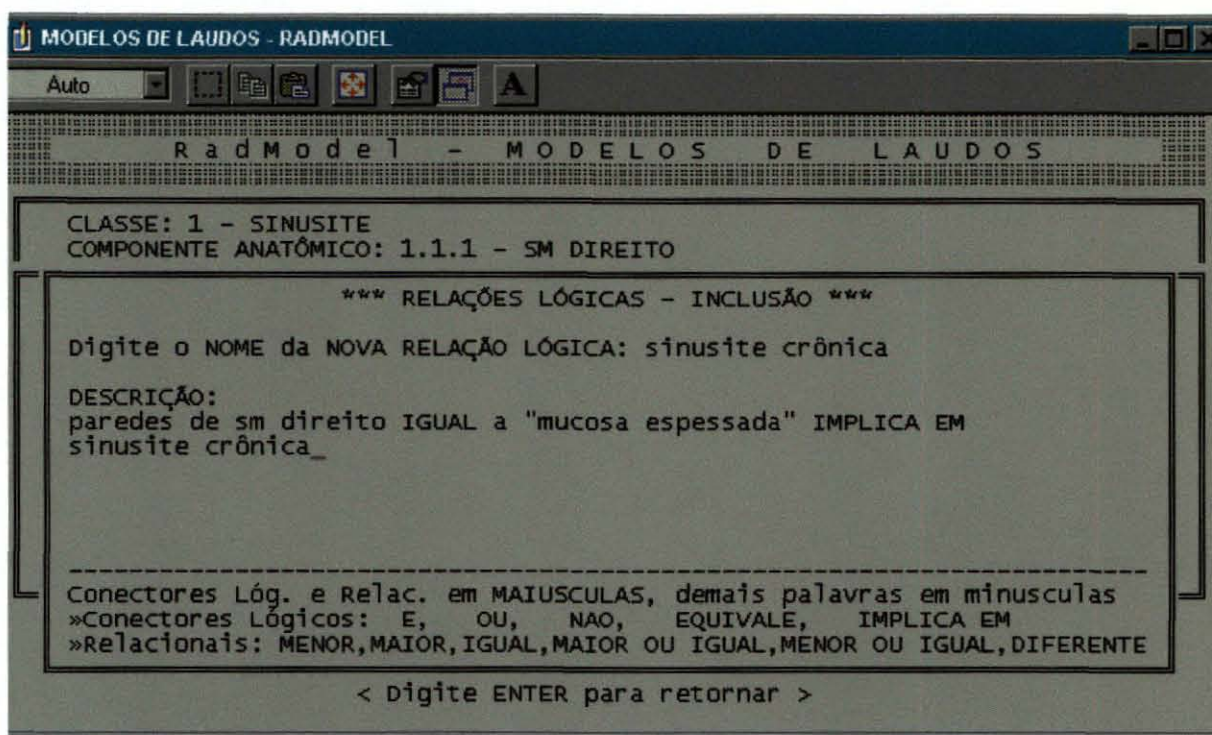


FIGURA 12 – A INTERFACE DA FERRAMENTA PARA A CRIAÇÃO DE UMA RELAÇÃO LÓGICA

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.

Abaixo, será descrita parcialmente a meta-linguagem utilizada para representar os padrões sintáticos a serem aceitos pela ferramenta:

→ uma relação lógica é uma descrição textual formada por um conjunto de elementos que podem ser divididos basicamente em: “Item Lógico”; “Expressão Lógica”; e, “Operações Lógicas”.

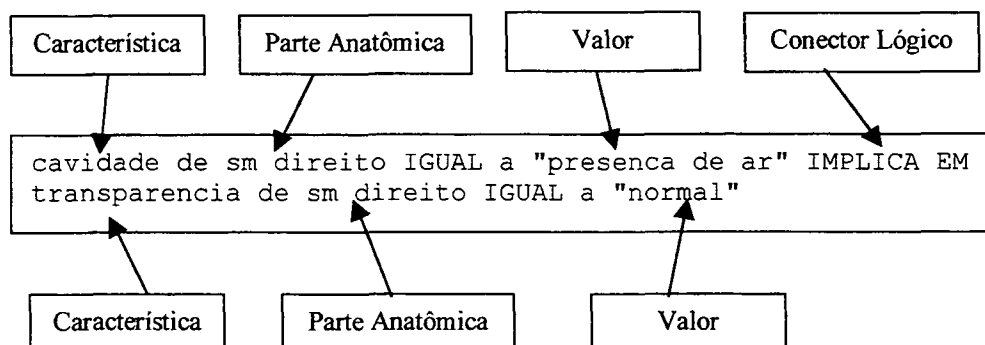
→ um “Item Lógico” pode ser: P-C (parte anatômica - característica); C-P (característica - parte anatômica); C-V (característica - valor); V-P (valor - parte anatômica); P-V (parte anatômica - valor); P-C-V (parte anatômica - característica - valor); C-P-V (característica - parte anatômica - valor); ou ainda, N (nome de uma classe de anormalidade).

→ uma “Expressão Lógica” é uma representação binária formada por: “Item Lógico” + Conector Lógico + “Item Lógico”. Os conectores ou operadores lógicos que podem ser usados são: E (conjunção); OU (disjunção); NÃO (negação lógica); IMPLICA EM ; e, EQUIVALE.

→ entre as “Operações Lógicas” que podem ser realizadas estão:

- “Item Lógico” + Operador Lógico + “Item Lógico”
- Operador Lógico + “Item Lógico”
- “Item Lógico” + Operador Lógico + “Expressão Lógica”
- Operador Lógico + “Expressão Lógica”

Para melhorar o entendimento da análise sintática, vejamos o exemplo descrito abaixo, que apresenta uma relação lógica aceita pelo verificador sintático:



Modificando a descrição da mesma relação lógica citada acima, poderia ser exemplificada como outra relação lógica que também seria aceita pelo verificador sintático, apresentando um maior conforto para o projetista na sua descrição, a seguinte fórmula lógica:

"presença de ar" no sm direito IMPLICA EM transparencia de sm direito IGUAL a "normal"

Neste último exemplo, a primeira parte da expressão lógica é representada por um "Item Lógico" válido sintaticamente, formado por V-P (valor – parte anatômica), ficando subentendida a característica.

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 que implica em algo, não sendo possível estabelecer com clareza o relacionamento lógico existente na descrição.

"presença de ar" IMPLICA EM transparencia de sm direito IGUAL a "normal"

Quando isto ocorrer, a ferramenta deverá interagir 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.

É importante destacar nesta parte do trabalho, que devido a alguns fatores como a necessidade de um maior aprofundamento nas formas de representação das relações lógicas e a questão do tempo para o desenvolvimento deste trabalho, a implementação definitiva e completa do módulo verificador de sintaxe na ferramenta RadModel ficará como um trabalho futuro, sendo realizados no momento apenas estudos para testar o poder de representação das relações lógicas.

4.2.5 – Verificador de Semântica

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.

Utilizando este contexto, pode ser criada pelo autor uma relação lógica onde a verificação sintática está correta, porém, a relação lógica não seria validada pelo

verificador semântico. Como exemplo, uma relação lógica onde o valor de uma característica não pertence à faixa de valoração da referida característica daquela parte anatômica, mas de uma característica de mesmo nome, porém, de outra parte anatômica qualquer.

Este fato citado acima pode ocorrer, por exemplo, com a característica “tamanho”. Esta característica pode estar presente em diversos componentes anatômicos, podendo apresentar uma faixa de valoração com valores qualitativos diferentes, mudando tanto na quantidade de elementos como no seu conteúdo. Para o componente coração, a característica “tamanho” pode apresentar os seguintes valores qualitativos: {normal, ligeiramente aumentado, aumentado, moderadamente aumentado, marcadamente aumentado}. Já para um outro componente qualquer, uma característica com o mesmo nome (tamanho), poderá apresentar os seguintes valores qualitativos: {pequeno, médio, grande}.

Outra verificação semântica que pode ser citada como exemplo, é a referência a uma característica não pertencente àquele componente anatômico na descrição do espaço de atributos da classe de anormalidade, ou ainda, a referência a um componente anatômico não pertencente à classe.

O módulo verificador semântico também não foi implementado na ferramenta RadModel, ficando esta implementação para trabalhos futuros. Cabe ressaltar que, mesmo não havendo as verificações sintáticas e semânticas pela ferramenta, a *estruturação do material radiológico* ainda é possível. Porém, isto exige um maior treinamento do autor, no caso, o perito em radiologia médica, bem como todo o cuidado no preparo das relações lógicas, quanto à forma e conteúdo de sua descrição, objetivando tornar sempre a base de dados consistente. Isto se deve ao

fato que, com as relações lógicas consistentes, a ferramenta será capaz de apoiar de maneira mais segura a estruturação da descrição dos laudos radiológicos a ser realizada pela futura ferramenta de coleta de material de ensino no próprio ambiente prático da clínica radiológica (a ser desenvolvida num trabalho futuro).

4.2.6 – Módulo de Arquivamento e Recuperação

A representação do conhecimento de domínio em radiologia adquirido diretamente do ambiente prático da clínica radiológica é apoiada pela ferramenta e armazenado em sua base de dados. Todo o processo de armazenamento e manipulação destas informações é realizado pelo módulo de arquivamento e recuperação, como pode ser visto no diagrama da Figura 8.

Este módulo é o único da ferramenta RadModel que interage diretamente com todos os outros módulos, coletando e repassando as informações dos diversos arquivos armazenados em disco que compõem a base de dados do sistema.

A base de dados da ferramenta está estruturada a partir da utilização de subdiretórios em disco, sendo cada diretório responsável pelo armazenamento das informações de uma determinada classe de anormalidade. Cada classe possui um arquivo “mestre” que armazena as informações relativas a estrutura anatômica da classe, como pode ser visto no exemplo mostrado abaixo na Figura 13.

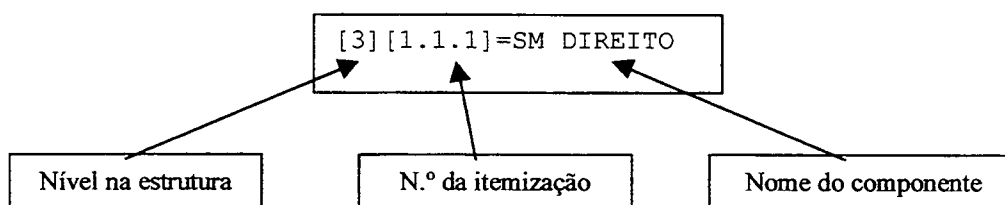
O arquivo utilizado no exemplo (Figura 13) possui o nome “SINUSITE.TXT”, que é definido de acordo com as regras de nomenclatura utilizadas pelo módulo

gerador de termos. Cada linha do arquivo possui informações referentes a um componente que pertence a estrutura anatômica da classe de anormalidade.

```
[1] [1]=CAVIDADES PARA-NASAIS
[2] [1.1]=SEIOS MAXILARES
[3] [1.1.1]=SM DIREITO
[3] [1.1.2]=SM ESQUERDO
[2] [1.2]=SEIOS FRONTAIS
[3] [1.2.1]=SF DIREITO
[3] [1.2.2]=SF ESQUERDO
[2] [1.3]=CELULAS ETMOIDAIAS
[2] [1.4]=SEIO ESFENOIDAL
[1] [2]=NARIZ
[2] [2.1]=SEPTO NASAL
[2] [2.2]=FOSSA NASAL
[3] [2.2.1]=FN DIREITA
[3] [2.2.2]=FN ESQUERDA
[1] [3]=ESTRUTURA OSSEA
```

FIGURA 13 - ESTRUTURA INTERNA DO ARQUIVO "SINUSITE.TXT", COM A DESCRIÇÃO PARCIAL DA ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE DE ANORMALIDADE "SINUSITE"

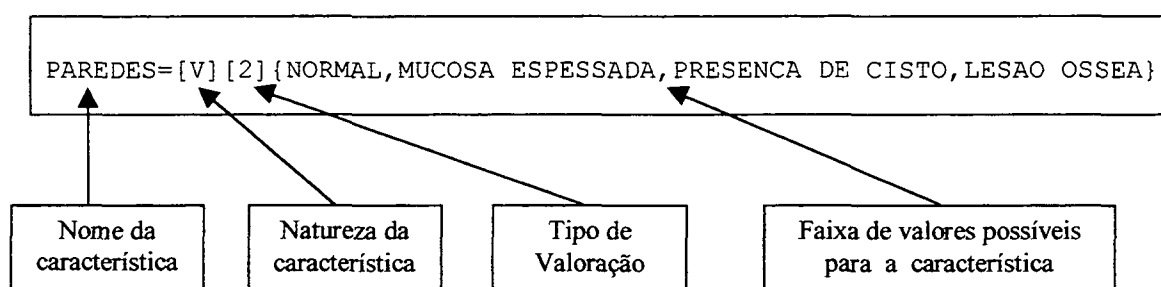
Este módulo da ferramenta é responsável também pelo gerenciamento das simbologias utilizadas na representação interna do arquivo, que foram criadas para auxiliar no momento de armazenamento e recuperação das informações em disco. Como exemplo, vamos analisar a simbologia utilizada para o armazenamento do item seio maxilar direito:



As informações da base de dados de uma classe de anormalidade são completadas com os demais arquivos individuais que são gerados para cada componente da sua estrutura anatômica. Estes arquivos armazenam todas as

informações do espaço de atributos pertencentes àquele componente, que são suas características e relações lógicas. Como exemplo, veja a Figura 7 apresentada na subseção 3.2.2.2 deste trabalho.

Como pode ser visto no exemplo mencionado acima, os arquivos dos componentes anatômicos também possuem algumas simbologias internas utilizadas no seu processo de arquivamento e recuperação. Vejamos agora o exemplo apresentado abaixo para a descrição da característica “paredes”, pertencente ao componente anatômico seio maxilar direito, da classe de anormalidade “Sinusite”.



A utilização e manipulação destas simbologias para a representação interna das informações gerenciadas pela ferramenta, atribui ao módulo de arquivamento e recuperação novas funções de acordo com a sistemática criada para a representação do conhecimento na base de dados. Esta sistemática é formada por normas e padrões estabelecidos na implementação da ferramenta.

Outro fator importante a destacar, é que todos os arquivos da base de dados da ferramenta RadModel estão em formato textual, não sendo necessária a utilização pela ferramenta de um sistema gerenciador de banco de dados, ficando o módulo de arquivamento e recuperação responsável por todas as tarefas de gerenciamento da base de dados.

A escolha desta forma de armazenamento das informações traz novos benefícios na utilização desta ferramenta para o processo de modelagem de estruturas genéricas para representar o conhecimento radiológico. De maneira resumida, ela possibilita a compatibilidade dos arquivos e o compartilhamento das informações com outras plataformas de trabalho, facilitando a manutenção e recuperação do material radiológico a ser utilizado no ensino.

5 – CONCLUSÃO

5.1 – A contribuição da pesquisa

A presente dissertação 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.

Este trabalho apresenta uma relevante contribuição à pesquisa científica da área por estar inserido diretamente no ambiente prático da clínica radiológica, com o acompanhamento da rotina da prática clínica no próprio ambiente de produção de laudos. Com estes estudos, foi possível levantar elementos essenciais de laudos sob o ponto de vista do próprio profissional de radiologia médica.

É importante destacar também que os objetivos iniciais do trabalho não incluíam um tratamento pedagógico das informações coletadas como subproduto da prática clínica. Apenas uma abordagem minimalista foi assumida como forma inicial de automatizar o processo de relato de diagnósticos. Como consequência, houve um grande avanço na abordagem deste trabalho em relação àquela assumida no

ambiente RUI (Direne,1997), o que provocou algumas inovações e a adaptação em vários conceitos e representações sobre anormalidades na área de radiologia médica.

A partir da análise do material existente na área somado às melhorias decorrentes dos estudos realizados neste trabalho, foi possível a implementação de um protótipo de ferramenta de *software*, RadModel, que foi descrito no capítulo 4, destinado a apoiar a descrição dos parâmetros de pré-diagnóstico (nível conceitual).

Esta ferramenta 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.

5.2 – Trabalhos futuros

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. Ela deverá possuir algumas funcionalidades que já podem ser previstas, as quais são descritas abaixo:

- orientação ao relato prático de um laudo radiológico através de uma forte estrutura pré-existente, criada com a ferramenta de pré-diagnóstico;
- maior rapidez na elaboração de um laudo radiológico;
- checagem automática da consistência das informações a serem descritas no laudo a partir das relações lógicas da classe de anormalidade que foram descritas na ferramenta de pré-diagnóstico (RadModel);
- padronização na descrição de relatos de classes de anormalidades;
- geração de grandes quantidades de material de curso altamente estruturado para o ensino de conceitos visuais aplicados à radiologia médica, diretamente do ambiente da prática pericial.

Como pode ser visto, este trabalho de dissertação busca iniciar uma nova fase no ensino de radiologia médica, formando a base para a geração de estruturas consistentes que apoiarão trabalhos a serem realizados no futuro. Tais elementos abrangem simultaneamente duas necessidades existentes na radiologia: o apoio ao processo prático de relato de laudos radiológicos padronizados e a formação de extensas bases de conhecimento estruturadas com exemplos práticos para a utilização no ensino de radiologia médica.

ANEXO 1 – Listagem da seqüência de laudos coletados no ambiente prático da clínica radiológica

Para a complementação deste trabalho, serão listados em anexo alguns laudos radiológicos que foram obtidos diretamente do ambiente prático, durante os estudos preliminares que foram realizados no acompanhamento do trabalho rotineiro dos médicos especialistas na clínica radiológica.

Foram coletados cerca de 30 laudos radiológicos para cada classe de anormalidade a ser estudada neste trabalho, com casos clínicos reais observados no período de 01/06/2000 até 31/07/2000. Este material foi analisado e elaborado na Clínica Radiológica Sudoeste, localizada no município de Pato Branco, estado do Paraná, pelos seguintes médicos radiologistas: Dr. Orlando Sérgio Hecke, Dr. Orlando Cláudio Hecke e Dr. José Ribeiro dos Santos. Cabe ressaltar que por questões éticas e profissionais, nos laudos listados abaixo, não serão completados os campos referentes ao nome do paciente, número do protocolo interno do serviço e data da expedição do laudo radiológico.

Com o objetivo de melhor apresentar este trabalho, este anexo será dividido em duas partes, sendo a primeira destinada aos laudos da classe de anormalidade Sinusite e a segunda aos laudos da classe Fratura de Ossos. É importante destacar também, que foram filtradas as amostras coletadas, sendo eliminados os laudos idênticos ou muito semelhantes da listagem apresentada na seqüência.

Anexo 1.1 – Laudos da classe de anormalidade

Sinusite

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 - PATO BRANCO - PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

Velamento de cavidades paranasais anteriores.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

*Velamentos dos seios maxilares e das células etmoidais à direita.
Restantes das cavidades para-nasais estão normais.
Velamentos das fossas nasais.*

TÓRAX

*Pulmões normais.
Seios costo-frênicos livres.
Coração e circulação pulmonar sem alterações.*

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

FACE

*Desvio de septo à esquerda superior e posteriormente.
Fossas nasais permeáveis.*

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 - PATO BRANCO - PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

Velamento de seio maxilar direito; sinusite.
Espessamento de mucosa de seio maxilar esquerdo.
Velamento da fossa nasal direita com espessamento de cornetos.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE SEIOS DA FACE

Cortes realizados em planos axiais e coronais demonstram:

- *Polipose nasal bilateral.*
- *Espessamento de mucosa de cavidades para-nasais anteriores.*
- *Solução de continuidade de paredes mediais de seios maxilares.*
- *Desvio de septo nasal.*

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

Velamentos dos seios maxilares; Sinusite.
Fossas nasais permeáveis.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

*Hipotransparência de cavidades para-nasais direitas.
Fossas nasais permeáveis.*

CAVUM

Oro e rinofaringe com permeabilidade conservada.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

*Seios paranasais bem aerados e de transparência normal.
Velamento parcial de fossas nasais.*

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

Velamento de antro maxilar esquerdo.
Fossas nasais livres.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

Velamento de seio maxilar esquerdo.
Espessamento de mucosa de seio maxilar direito

TORAX

Campos pleuro-pulmonares de transparência normal.
Coração e mediastino sem alterações radiológicas.
Seios costo-frênicos livres.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

Velamento parcial e espessamento mucoso importante no antro maxilar esquerdo.

Discreto espessamento muco-periosteal no antro maxilar direito e no vestibulo de seios frontais.

TÓRAX

Pulmões, coração e mediastino sem alterações radiológicas.
Recessos pleurais livres.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

SEIOS DA FACE

Cavidades paranasais bem aeradas e de transparência normal.
Fossas nasais livres.

CAVUM

Hipertrofia de adenóides.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

Anexo 1.2 – Laudos da classe de anormalidade

Fratura de Ossos

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

PERNA DIREITA

*Fratura reduzida em consolidação na diáfise distal da tíbia.
Controle pós-redução em aparelho gessado; comparar.*

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

OMBRO DIREITO

Fraturas de clavícula e escápula.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

FÊMUR DIREITO

*Fixação metálica externa para consolidação da diáfise distal do fêmur.
Comparar.*

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 - PATO BRANCO - PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

JOELHO DIREITO

Osteossíntese de patela.
Comparar.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 - PATO BRANCO - PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

COXA DIREITA

Controle de osteossíntese diafisária de fêmur.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

JOELHO DIREITO

Fratura cominutiva de terço inferior de fêmur.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

BACIA + COXO-FEMURAL ESQUERDO

Osteossíntese com fixação metálica de fratura do colo femural esquerdo.
Desmineralização óssea difusa.
Controle pós-cirúrgico; comparar.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

FÊMUR E JOELHO ESQUERDOS

Fratura de extremidade distal de fêmur.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

TORNOZELO DIREITO

Osteossíntese com fixação metálica de fratura comitativa na diáfise distal da tíbia.

Deformidade tibio-társica.

Controle pós-cirúrgico; comparar.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

FÊMUR DIREITO

Controle de redução de fraturas.
Fixador externo.
Comparar.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

FÊMURES

Fratura antiga, consolidada com encurtamento ósseo, na diáfise femoral esquerda.
Sem outras alterações radiológicas.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

CLÍNICA RADIOLÓGICA SUDOESTE

Rua Pedro Ramires de Mello, 361
85501-250 – PATO BRANCO – PR
Fones (046) 225-2810 - 225-2348

Paciente:
Dr.(a):

N.º:
Data:

COXO-FEMURAIS

Controle de fratura de acetábulo e de ísquio esquerdos.

ANTEBRAÇO ESQUERDO

Osteossíntese diafisária de ulna, por placa e parafusos metálicos.

Dr. Orlando Sérgio Hecke
CRM 3566

Dr. Orlando Cláudio Hecke
CRM 6451

Dr. José Ribeiro dos Santos
CRM 8431

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. (1993). Methodology and tools for designing concept tutoring systems. Brighton: 1993. Doctor's thesis, *School of Cognitive and Computing Sciences – Univ. of Sussex*.
- 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. (1984). Acquiring expertise. In Anderson, J. R. and Kosslyn, S. M., editors, *Tutorials in Learning and Memory: Essays in Honor of Gordon Bower*. W. H. Freeman.
- 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. (1991). Computer-based tutoring of visual concepts: from novice to expert. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7:123-132.
- Sharples, M., du Boulay, J. B. H., Teather, B. A., Teather, D., Jeffery, N., e du Boulay, G. H. (1995). The MR Tutor: Computer-based training and professional practice. In *Proceedings of World Conference on Artificial Intelligence in Education*, pages 429-436.

- 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.