

RODRIGO BONACIN

INTERPRETAÇÃO PEDAGÓGICA DE RELAÇÕES LÓGICAS EM DIÁLOGOS PARA O ENSINO DE CONCEITOS VISUAIS

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. Alexandre Ibrahim Direne

CURITIBA

1999

RODRIGO BONACIN

INTERPRETAÇÃO PEDAGÓGICA DE RELAÇÕES LÓGICAS EM DIÁLOGOS
PARA O ENSINO DE CONCEITOS VISUAIS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Alexandre Ibrahim Direne
Departamento de Informática, Setor de Ciências Exatas, UFPR

Profª. Aurora Trinidad Ramírez Pozo
Departamento de Informática, Setor de Ciências Exatas, UFPR

Profª. Maria Cecília Calani Baranauskas
Instituto de Computação, UNICAMP

Curitiba, 09 de novembro de 1999

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu orientador Prof. Alexandre Ibrahim Direne pelo apoio e dedicação que foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Aos meus familiares e amigos que me apoiaram durante a realização do curso. Ao Prof. Marcos Castilho que nos ajudou na elaboração do interpretador lógico. Ao Prof. Davidson Cury que disponibilizou as transcrições de diálogos utilizadas neste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VII
1- INTRODUÇÃO.....	1
1.1 EXPLICITAÇÃO DE RELAÇÕES ENTRE ANOMALIAS.....	1
1.1.1 CONTEXTO DO PROBLEMA.....	2
1.1.2 RELAÇÕES LÓGICAS COMPLEXAS.....	3
1.2 O SISTEMA RUI.....	5
1.2.1 ARQUITETURA.....	5
1.2.2 DIÁLOGOS INTELIGENTES.....	8
1.2.3 LIMITAÇÕES DE DIÁLOGOS DO SISTEMA RUI.....	10
1.3 ESTRUTURA DE DISSERTAÇÃO.....	12
2. TRABALHOS CORRELACIONADOS.....	14
2.1 FERRAMENTAS DE AUTORIA E SHELLS PARA APOIAR O ENSINO.....	14
2.2 ENSINO DE CONCEITOS VISUAIS.....	16
2.3 SISTEMAS PARA O ENSINO DE RADIOLOGIA MÉDICA.....	18
2.4 PLANEJAMENTO DE DIÁLOGO PEDAGÓGICO.....	20
3. SÓCRATES E SEU INTERPRETADOR PEDAGÓGICO.....	25
3.1 UMA ABORDAGEM COGNITIVA.....	26
3.2 INVARIANTES DOS DIÁLOGOS TRANSCRITOS.....	28
3.3 PARÂMETROS RESULTANTES.....	31
3.3.1 O CASAMENTO DE RELAÇÕES LÓGICAS.....	32
3.3.2 FRASES IMPRECISAS OU INCORRETAS.....	36
3.3.3 ELABORAÇÃO DE CRÍTICAS.....	39

4.	REPRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO LÓGICA.....	47
4.1	REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO.....	47
4.1.1	AS REPRESENTAÇÕES DA SHELL DO SISTEMA RUI.....	47
4.1.2	A REPRESENTAÇÃO DE UMA FRASE.....	50
4.1.3	A REPRESENTAÇÃO DE FRAMES EM LÓGICA.....	53
4.2	O INTERPRETADOR LÓGICO.....	56
4.2.1	A MECÂNICA DE AVALIAÇÃO LÓGICA.....	57
4.2.2	CAPACIDADES EXTRAS UTILIZADAS PELO INTERPRETADOR PEDAGÓGICO.....	63
5	DISCUSSÃO.....	66
5.1	VANTAGENS DO DIÁLOGO SOCRÁTICO.....	66
5.2	ENRIQUECIMENTO DA MODELAGEM DO APRENDIZ.....	69
5.2.1	MODELAGEM DE CURTO PRAZO.....	70
5.2.2	MODELAGEM DE LONGO PRAZO.....	72
5.3	LIMITAÇÕES.....	75
5.3.1	INCERTEZAS LÓGICAS.....	75
5.3.2	PERGUNTAS DO APRENDIZ AO TUTOR.....	77
6	CONCLUSÃO.....	80
6.1	CONTRIBUIÇÕES.....	81
6.2	TRABALHOS FUTUROS.....	83
	ANEXO 1 – EXEMPLO DE RELAÇÕES LÓGICAS EM UMA TRANSCRIÇÃO DE UM CASO.....	85
	ANEXO 2 – EXEMPLO DE UMA BASE DE CONHECIMENTO UTILIZANDO-SE A REPRESENTAÇÃO PROPOSTA.....	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1 – DIALOGO CONDUZIDO PELO INTERPRETADOR.....	3
FIGURA 1.2 – DIVISÃO DO SISTEMA RUI (DIRENE, 1993).....	7
FIGURA 1.3 – INTERFACE TUTORIAL DO SISTEMA RUI (DIRENE, 1993B)..	9
FIGURA 1.4 – EXEMPLO DE UM DIALOGO NO SITEMA RUI	10
FIGURA 3.1 – EXEMPLO DE DIÁLOGOS REAIS E FÓMULAS LÓGICAS	28
FIGURA 3.2 – EXEMPLO DE CASAMENTO DE RELAÇÕES LÓGICAS	32
FIGURA 3.3 – EXEMPLO DE CONFLITO NO CASAMENTO DE RELAÇÕES LÓGICAS.....	34
FIGURA 3.4 – EXEMPLO DE CASAMENTO COM DUAS REGRAS.....	34
FIGURA 3.5 – EXEMPLO DE CASAMENTO COM MANIPULAÇÃO.....	35
FIGURA 3.6 – EXEMPLO DE EQUIVALÊNCIA PEDAGÓGICA	39
FIGURA 3.7 – EXEMPLO DE FUNCIONAMENTO DOTRADUTOR LOGICA → L.N.....	40
FIGURA 3.8 – EXEMPLO DE RELAÇÕES CERTAS MAS PARTES INCORRETAS.....	41
FIGURA 3.9 – TIPOS DE IMPRECISÕES.....	43
FIGURA 4.1 – ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE DE ANOMALIA (<i>HEART-ENLARGEMENT</i>).....	49
FIGURA 4.2 – EXEMPLO DO MAPEAMENTO DE UM FRAME PARA UMA EXPRESSÃO LÓGICA, CONFORME HAYES	53
FIGURA 4.3 – EXEMPLO DE BASE LÓGICA.....	56
FIGURA 4.4 – EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO DE UMA FÓRMULA LÓGICA ATRAVÉS DE UMA ESTRUTURA EM ARVORE	58
FIGURA 4.5 – EXEMPLOS DE CÁLCULO DO VALOR-VERDADE ASSOCIADO A UMA PARTE DA FÓMULA LOGICA.....	60
FIGURA 4.6 – EXEMPLO DE UMA ÁRVORE DE DEPENDÊNCIAS DE INSTÂNCIAS	62
FIGURA 4.7 – EXEMPLO DE CÁLCULO DO VALOR-VERDADE DE DUAS PARTES RELACIONADAS	64

FIGURA 5.1 – VISÃO BIDIMENSIONAL DO DOMÍNIO DE VALORES DE DUAS CARACTRÍSTICAS ANATÔMICAS RELACIONADAS (DIRENE, 1993B) .	71
FIGURA 5.2 – A DISTRIBUIÇÃO DE ESTEREÓTIPOS DE RESIDENTES DE RADIOLOGIA NA CURVA U (CURY, 1996 E 1998)	73
FIGURA 5.3 – CAPACIDADE DO PERITO EM FUNÇÃO DO TEMPO (PIMENTEL, 1996)	74
FIGURA 5.4 – EXEMPLO DE PERGUNTAS DO APRENDIZ PARA O TUTOR	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

STI	Sistema Tutorial Inteligente
RUI	<i>Representation for Understanding Images</i>
(P)	Parte anatômica presente em uma imagem
(C)	Característica visual de uma determinada parte anatômica
(V)	Valor de uma determinada característica visual
IDB	<i>Image Database Browser</i>
GTM	<i>Guided Tutorial Mode</i>
L.N.	Linguagem Natural

RESUMO

Este trabalho consiste no projeto e implementação de um módulo pedagógico capaz criticar frases do aprendiz que contenham relações lógicas complexas explicitamente citadas. O módulo é integrado a uma *Shell* de aprendizagem direcionada ao ensino de conceitos visuais em diferentes especialidades da Radiologia Médica. Através de uma revisão detalhada da literatura existente em áreas afins podemos constatar a quase completa inexistência de sistemas com tais características. Entretanto, para desenvolver o módulo tutor deste trabalho foi necessária a concepção e implementação de ferramentas que incluem técnicas ainda inexploradas no campo de Sistemas Tutores Inteligentes. Primeiramente, foi realizado um estudo cognitivo que visou obter parâmetros a serem utilizados durante o desenvolvimento do mecanismo de interpretação pedagógica das referidas relações lógicas. Para a construção do módulo pedagógico, também foi desenvolvida uma representação de conhecimento adequada e um interpretador lógico capaz realizar manipulações sobre a base de representações quando estas são requisitadas pelo interpretador pedagógico. Tal funcionalidade permitiu avanços significativos no potencial de instrução da *Shell* de aprendizagem original, avanços estes que incidem principalmente sobre a interface tutorial e na modelagem do estudante. A dissertação também inclui uma discussão sobre as vantagens e limitações da solução adotada.

ABSTRACT

This work reports on the conception and implementation of a pedagogic module, capable of analyzing students' statements which contain complex logical relations explicitly quoted. The module is integrated with a tutorial Shell aimed at the teaching of Medical Radiological concepts. A detailed review presents the state of the art and points out the complete inexistence of systems with similar features. To develop this tutorial module, it was necessary to design and implement tools that embody unexplored techniques for constructing Intelligent Tutoring Systems. Firstly, a set of cognitive parameters were extracted from case studies based on the observation of tutorial dialogues in radiology training. Such parameters provided the basis for the specification of a domain-independent pedagogic interpretation mechanism, aimed at the critique of explicit logical relations. A formal approach for knowledge representation was also developed and presented to support the pedagogic interpretation tasks. The resulting mechanism was adapted to work in conjunction with an existing tutoring shell, improving its capabilities to the point where logical relations among abnormalities are now more important than discussing isolated abnormal features. Advantages and limitations of the tools are also presented.

1- INTRODUÇÃO

É vital para alguns sistemas tutoriais inteligentes (STIs) o seu potencial reativo de diálogo, ou seja a capacidade para interagir com o aprendiz através de suas ações diretoras de curto e longo prazos. Por exemplo, a capacidade de interpretação e crítica sobre relações lógicas “complexas” (seção 1.1.2) entre objetos do domínio explicitamente citadas pelo aluno. Este trabalho consiste no projeto e implementação de um módulo tutorial, independente de domínio, capaz de criticar frases do aprendiz que contenham relações lógicas “complexas” explicitamente citadas.

Esta capacidade de crítica é fundamental para melhorar a comunicação, por parte da máquina, de alguns elementos da perícia humana. O interpretador é integrado à *Shell* do sistema RUI (seção 1.2), a qual é direcionada ao ensino de conceitos visuais em diferentes especialidades da Radiologia Médica. Tal capacidade permitiu uma ampliação do escopo de diálogos possíveis desta *Shell* assim como o conhecimento que o sistema tem sobre o estudante.

1.1 EXPLICITAÇÃO DE RELAÇÕES ENTRE ANOMALIAS

O treinamento de perícias como a de radiologia médica está fundamentado na combinação dos conhecimentos de princípios e da prática clínica. Portanto para construir um tutor capaz de realizar tal treinamento é necessário desenvolver um mecanismo capaz de conduzir, de forma adequada, o ensino de elementos da prática clínica. Para conseguir tal objetivo em radiologia médica é necessário que o tutor seja capaz de interpretar e criticar relações lógicas “complexas” ditas pelo aprendiz durante o processo de aprendizagem.

1.1.1 CONTEXTO DO PROBLEMA

Nestas perícias, pessoas com alto conhecimento específico reagem de forma diferente em relação às que detêm um nível menor de competência. Conhecer vários domínios permite que um especialista resolva problemas complexos facilmente, além de desenvolver a habilidade de antecipar fatos. Isto é feito, em grande parte, pela forte consistência de conhecimento simbólico do perito (seção 1.1.2), o qual inclui um vasto conjunto de relações lógicas complexas entre conceitos do domínio.

A prática permite que o aprendiz desenvolva a habilidade de realizar tarefas ligadas à perícia através de um processo automatizado, que não requer atenção e nem processamento consciente. Tal procedimento permite o desenvolvimento de tarefas mais complexas de solução de problemas, pois estas contam com o conhecimento “procedimental” do ser humano (ANDERSON, 1982). É com a prática que o estudante aprimora suas capacidades de mapear elementos da imagem radiológica (bidimensional) para componentes anatômicos (tridimensional) e desenvolve a consistência de conhecimento simbólico por meio do tratamento explícito de verdades lógicas sobre objetos do domínio descritos em um extenso vocabulário técnico. Isto leva um aprendiz a adquirir meios de diagnosticar casos médicos através de imagens de forma mais precisa (LESGOLD, 1984 e 1989). Portanto para que tais capacidades sejam desenvolvidas é necessário que o tutor artificial conduza o processo de ensino/aprendizagem predominantemente baseado na prática de diagnósticos.

O ensino de radiologia médica por tutores humanos é tipicamente conduzido por estudos de casos da prática clínica, com base em diálogos na língua natural técnica, os quais são ricos em relações lógicas complexas entre objetos do domínio, principalmente as relações de causa-efeito. Portanto para desenvolver um sistema tutor inteligente (STI) que produza um efeito pedagógico “semelhante”, é necessário prover

funcionalidades que permitam conduzir um diálogo em uma pseudo-linguagem natural. Isto pode ser atingido por meio de um módulo tutor capaz de entender e criticar tais relações, explicitamente citadas pelo aluno, possibilitando assim conduzir um diálogo semelhante ao da figura 1.1.

FIGURA 1.1 – DIALOGO CONDUZIDO PELO INTERPRETADOR

- 1- **TUTOR: Give a diagnosis for this image.**
- . . .
- 2- **STUDENT: . . . the right atrium is enlarged . . .**
- 3- **TUTOR: . . . the right atrium is not visible in the image. What justification do you have for saying it is enlarged?**
- 4- **STUDENT: The the right atrium is enlarged because the aorta is calcified.**
- 5- **TUTOR: The aorta is calcified, but there are no relationships between the aorta and the right atrium. The real justification is the size of the superior vena cava. Whenever the size of the superior vena cava is not normal, the size of the right atrium is not normal either and vice-versa .What is the size of the heart?**
6. **STUDENT: The heart is enlarged because the right atrium is enlarged . . .**
7. **TUTOR: The heart is actually markedly enlarged. Whenever the size of the right atrium is not normal, the size of the heart is not normal too . . .**
- . . .

1.1.2 RELAÇÕES LÓGICAS COMPLEXAS

O módulo apresentado neste trabalho destina-se a interpretar e criticar relações tais como as destacadas na seção anterior, sendo atribuído para estas o nome de relações lógicas “complexas”. Entende-se por relações lógicas complexas quaisquer vínculos que envolvam um conceito com outros conceitos, podendo estes últimos estar também vinculados a novos conceitos. Tais relações podem ser definidas por meio de correspondências de causa-efeito, silogismos, equivalências, conjunções, disjunções ou ainda uma combinação destas correspondências.

Como exemplo de correspondência por silogismo no domínio de radiologia do torax, sabe-se que um aumento da aurícula direita causa aumento no coração, assim como um aumento da veia cava superior causa um aumento na aurícula direita. Logo, um aumento da veia cava superior resulta em aumento do coração. A figura 1.1 apresenta um diálogo rico em relações complexas. Na linha 4 podemos notar na frase do estudante a presença de uma relação entre a calcificação da aorta e o tamanho da aurícula direita. Na linha 5 temos uma crítica elaborada pelo tutor na qual é destacada a não existência desta relação. Já na linha 6 o aprendiz destacou em sua frase a existência de uma relação entre o tamanho do coração e o tamanho da aurícula direita, e na linha 7 o tutor compõe a crítica confirmando a existência desta relação.

Durante a aprendizagem da perícia de reconhecimento de conceitos visuais o estudante adquire, de diferentes formas, a habilidade de associar elementos da imagem a estes conceitos. Segundo SHARPLES(1991) (mais detalhes na seção 2.2), um conceito visual é uma construção mental com nome, associada a um conjunto de imagens visuais. Damos o nome de consistência de conhecimento simbólico à estrutura mental (ou capacidade) do aprendiz capaz organizar estes conceitos de forma consistente.

Tal estrutura mental é formada de relacionamentos entre conceitos que expressam regras de consistência entre as diversas características visuais adquiridas pelo aprendiz. No ensino tradicional de radiologia médica, estes relacionamentos são introduzidos nos diálogos entre tutores humanos e aprendizes através de relações lógicas complexas explícitas. Isto é realizado com o propósito de desenvolver a consistência de conhecimento simbólico. Tal capacidade é fundamental em radiologia pois laudos radiológicos devem ser consistentes e “completos”.

Durante o aprendizado pode ocorrer a formação de relações lógicas incorretas entre objetos ou mesmo a não formação destas relações, caracterizando a necessidade de

instrução pedagógica para suprir a carência. Como exemplo, podemos citar a característica de efeito expansivo de uma lesão cerebral e a característica de “tamanho” da própria lesão. Aprendizes iniciantes podem não saber que o aspecto visual do efeito expansivo de uma lesão deve ser sempre detectado se a lesão for média ou grande.

1.2 O SISTEMA RUI

Este trabalho foi desenvolvido utilizando as bases de conhecimento do sistema de autoria RUI (DIRENE, 1993 e 1997) e integrado a sua *Shell* de ensino/aprendizagem. Sendo este o único sistema de autoria com uma *Shell* de ensino especialmente direcionada para conceitos visuais, o sistema RUI consiste de ferramentas para a manipulação da complexidade dos modelos internos de um STI e para a interpretação independente de domínio das interações tutoriais.

1.2.1 ARQUITETURA

O sistema RUI (*Representations for Understanding Images*) foi implementado usando o ambiente Poplog (BARRETT, RAMSAY e SLOMAN, 1985) com a linguagem de programação Pop11 do próprio ambiente. O Ambiente Poplog é direcionado ao desenvolvimento de aplicações em Inteligência Artificial, disponibilizando para isto componentes como: um sistema de gerenciamento de *frames* (MINSKY, 1975), de regras de produção o RBFS (BARBER, MARSHALL e BOARDMAN, 1988) e bibliotecas para criação de interfaces gráficas. O módulo apresentado neste trabalho foi desenvolvido com a utilização do mesmo ambiente (Poplog) no qual foi construído o sistema RUI.

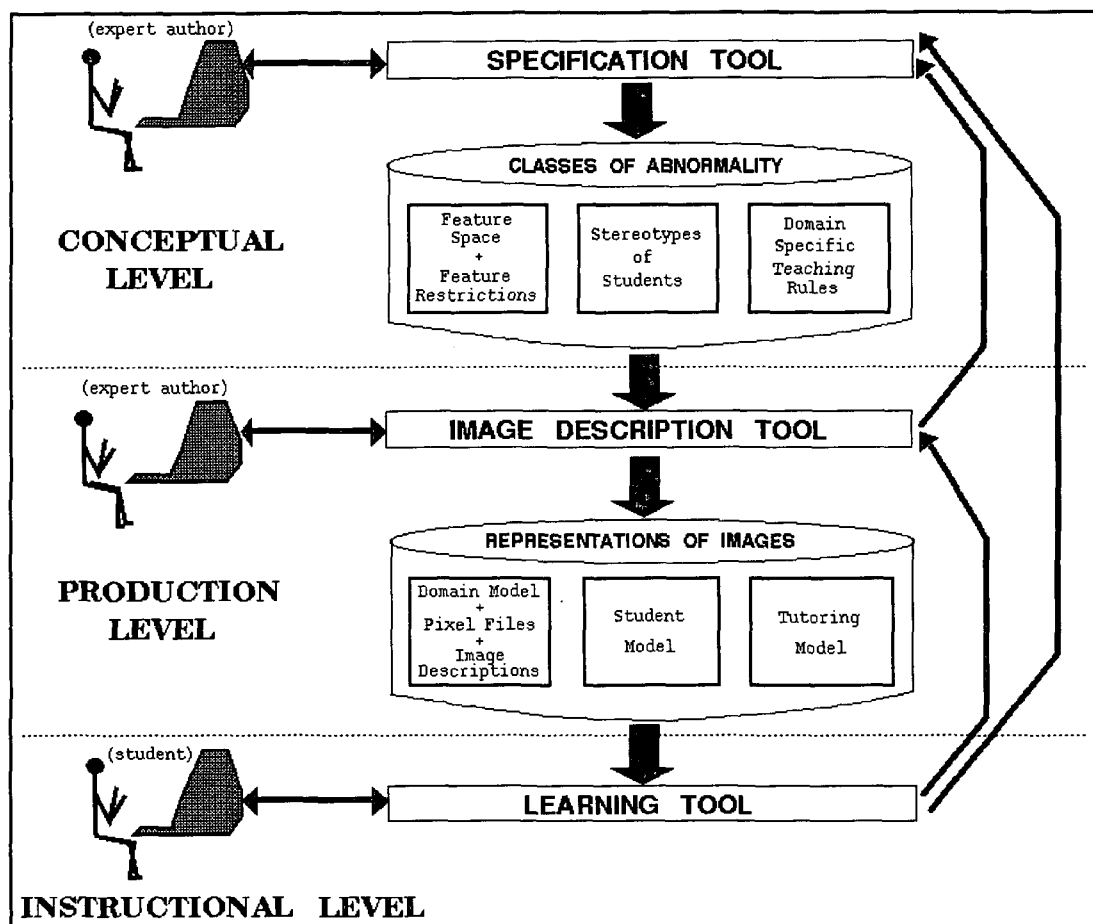
A idéia de construir sistemas que permitam o projeto e implementação automatizada de STIs, vem da dificuldade encontrada no desenvolvimento de máquinas

complexas tais como um STI (mais detalhes na seção 2.1). Tal dificuldade é causada principalmente pela grande distância entre o domínio do especialista e a manipulação de ferramentas de desenvolvimento. Através do ambiente RUI foi diminuída esta distância, uma vez que, grande parte do projeto já pode ser elaborada apenas pelo especialista no domínio, no caso, radiologia médica.

O sistema RUI pode ser dividido basicamente em três níveis distintos, conforme apresentado na figura 1.2: (1) nível conceitual, (2) nível de produção e (3) o nível de instrução. Os dois primeiros constituem o módulo de autoria, o qual é responsável pelo projeto do STI e é nele que o autor expressa o seu conhecimento sobre o domínio e projeta o STI. Nestes dois primeiros níveis encontra-se tanto o conhecimento sobre o domínio como também o conhecimento sobre como ensinar este domínio.

No nível conceitual encontra-se a ferramenta de especificação. Nela o autor descreve as classes de anomalia (descrição de componentes e subcomponentes do objeto a ser visualizado, por exemplo o corpo humano) e todo o conhecimento relativo a elas. Em mais detalhes, a classe de anomalia descreve tanto o conhecimento sobre o domínio de uma determinada classe de anomalia como também o conhecimento de como ensinar, sem entrar em detalhes referentes a imagens. A ferramenta de especificação apresenta componentes gráficos que auxiliam na produção do conhecimento necessário para descreve-las.

FIGURA 1.2 – DIVISÃO DO SISTEMA RUI (DIRENE, 1993)



No nível de produção, através da ferramenta de descrição de imagens, é adquirido o conhecimento associado a cada imagem. Uma descrição de imagem pode ser encarada como uma instância de determinada classe de anomalia e contém valores associados a cada elemento descrito no nível conceitual. A seção 4.1 apresenta de forma mais detalhada a representação do conhecimento utilizado tanto no nível de produção, como no nível conceitual.

O nível de instrução é responsável por transmitir o conhecimento ao aprendiz através da ferramenta de ensino, cuja a interface é apresentada da figura 1.3. Nesta ferramenta o aluno adquire tanto o conhecimento de princípios de radiologia quanto o conhecimento pericial. O conhecimento de princípios refere-se a áreas distintas do

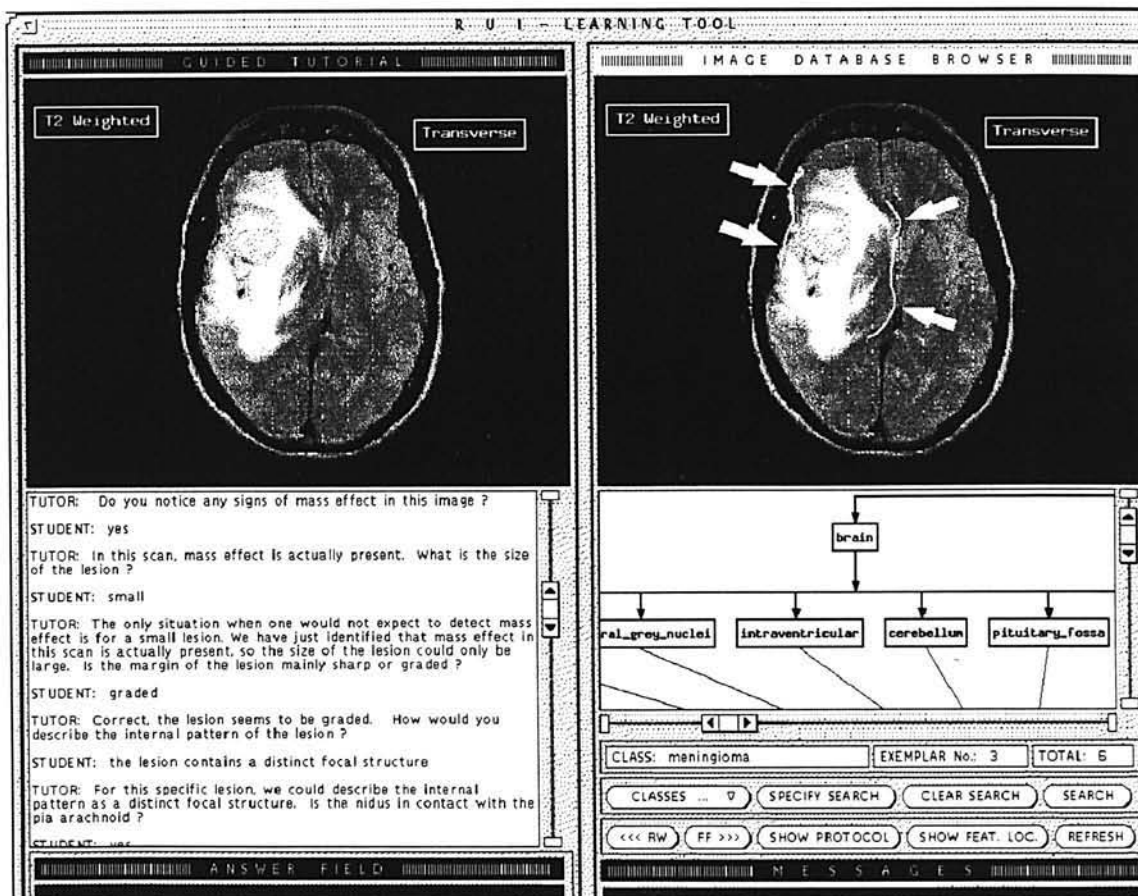
conhecimento médico já fundamentadas, como exemplo: fisiologia, anatomia, teorias médicas e geometria projetiva de radiografia. O conhecimento experimental implica na integração destas áreas de conhecimento na prática clínica para produzir diagnósticos precisos.

Conforme a figura 1.3, a ferramenta de ensino apresenta para o estudante duas interfaces distintas: a *Image Database Browser*(IDB) e a *Guided Tutorial Mode*(GTM). A IDB consiste no canal de comunicação de princípios de radiologia. Ela é uma interface passiva na qual o estudante pesquisa e seleciona exemplos de imagens baseadas na informação anatômica, observa valores de características individuais bem como a localização destas características, faz medidas iterativas e compara diagnósticos para adquirir o conhecimento de princípios necessários para classificar anomalias. Já o GTM é uma interface ativa, onde o estudante adquire o conhecimento pericial, fazendo uso de seus princípios conceituais para tornar o diálogo mais completo e preciso.

1.2.2 DIÁLOGOS INTELIGENTES

A interface exibida na figura 1.3 contém a imagem a ser discutida e um campo no canto inferior esquerdo que mostra o diálogo entre o sistema e o aprendiz. Durante a sessão de ensino o sistema interage com o aluno através de um diálogo em um subconjunto da linguagem natural. A cada resposta do aluno o sistema analisa as regras de ensino da base de conhecimento através de uma máquina de inferência. Uma crítica é produzida sobre a resposta do aluno, corrigindo-a se necessário, encadeando-a com uma nova pergunta, também orientada pelas regras de ensino.

FIGURA 1.3 – INTERFACE TUTORIAL DO SISTEMA RUI (DIRENE, 1993b)



Seu funcionamento é baseado em um modelo de interpretação independente de domínio baseado em quatro mecanismos: (1) visibilidade de características, (2) granulação da anatomia, (3) propagação das regras de ensino específicas do domínio, e (4) ações *default* de ensino. O mecanismo de visibilidade de características utiliza informações de visibilidade disponíveis nas descrições de imagem para ajudar o estudante a diagnosticar componentes anatômicos e características não visíveis na imagem que podem ser inferidos a partir de outros elementos visíveis. Já o mecanismo de granulação da anatomia ajuda o estudante a ter uma percepção exata de onde uma característica anormal está situada.

O efeito de propagação das regras de ensino específicas do domínio, permite que o especialista construa suas próprias regras de ensino que se sobrepõem aos três mecanismos independentes de domínio (1,2 e 4). As ações *default* de ensino podem ser ativadas pelo modelo de interpretação de dialogo para discutir valores (V) de uma característica (C) de um determinado componente anatômico (P), quando não existir regras específicas de domínio para escritas para os mesmos P e C. Ações *default* de ensino são geradas automaticamente por meta procedimentos para tratar P, C e V.

1.2.3 LIMITAÇÕES DE DIÁLOGOS DO SISTEMA RUI

Uma das principais limitações da *shell* tutorial (Learning tool) do sistema RUI está no mecanismo de interpretação pedagógica que não é capaz de assimilar e nem criticar frases de aprendizes que contenham explicitamente relações lógicas entre objetos do domínio. Apenas descrições simples de partes anatômicas (P), características visuais (C) e valores de características (V) são compreendidos e criticados pelo sistema RUI. Frases como as das linhas 1,2,3 e 4 da figura 1.4, são apropriadamente tratadas pela *Shell* atual deste sistema.

FIGURA 1.4 – EXEMPLO DE UM DIALOGO NO SISTEMA RUI

- | | |
|-----|---|
| 1- | TUTOR: Give a diagnosis for this image. |
| 2- | STUDENT: The size of the left ventricle is enlarged. The aorta shows signs of calcification. |
| 3- | TUTOR: The size of the left ventricle appears to markedly enlarged. The aorta as a whole is not calcified. What can you say about the size of the heart? |
| ... | |
| 4- | STUDENT: ... the right atrium is enlarged ... |
| 5- | TUTOR: ... The right atrium is not visible in the image. What justification do you have for saying it is enlarged? |
| 6- | STUDENT: The the right atrium is enlarged because the aorta is calcified. |
| 7- | TUTOR: I did not understand what you said, ... |
| ... | |

Em algumas situações o interpretador pedagógico do sistema RUI pode requisitar uma justificativa do aprendiz como parte da crítica a uma frase digitada anteriormente. Porém ele não é capaz de interpretar a resposta do aluno como pode ser notado nas linhas 5,6 e 7 da figura 1.4. Neste contexto, o tutor artificial requisita uma justificativa ao estudante o qual compõe uma frase com uma relação lógica explícita entre objetos do domínio e o sistema não foi capaz de interpretá-la. Em outros casos este é capaz de interpretar a resposta do aprendiz que contém tais relações como uma frase simples formada apenas por uma combinação de <P, C, V>, ignorando detalhes importantes.

Para ser possível construir STIs a partir de ferramentas de autoria com *Shells* capazes de processar diálogos semelhantes ao da figura 1.1, foi necessária a concepção e implementação de ferramentas que incluem técnicas ainda inexploradas para combinar aspectos como:

- a) um mecanismo capaz de interpretar e realizar críticas a frases que contenham relações lógicas complexas explicitamente citadas pelo aprendiz.
- b) Uma *Shell* de ensino/aprendizagem independente de domínio específico, para ser integrado, a um ambiente de autoria para imagens médicas.
- c) Bases de conhecimento em domínios de conceitos visuais, levando em consideração aspectos específicos do processo de ensino/aprendizagem de perícia em cada domínio.

Com a utilização de tais técnicas foi possível expandir o sistema RUI para tornar-se o primeiro sistema (considerando os principais meios de publicação na área) de autoria com uma *Shell* capaz de interpretar, criticar e dar continuidade a um diálogo que contenha relações lógicas complexas entre objetos do domínio, explicitamente citadas em afirmações e perguntas realizadas pelo aluno. Através da ferramenta RUI foi possível construir protótipos de STIs direcionados ao ensino de conceito visuais, capazes de conduzir diálogos com estas características qualitativas, até então inexistentes em sistemas direcionados ao ensino desta perícia.

1.3 ESTRUTURA DE DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é dividida em cinco capítulos. No segundo é exposta uma revisão e crítica sobre os principais trabalhos correlacionados sendo possível observar a partir destes a necessidade de construir módulos com funcionalidades semelhantes as apresentadas neste trabalho. O capítulo 3 apresenta o projeto e implementação de um módulo tutor inteligente denominado Sócrates, sendo este direcionado à interpretação de relações lógicas complexas em diálogos para o ensino de conceitos visuais. Este capítulo é subdividido em três seções. Na primeira seção são apresentados aspectos cognitivos que foram considerados na construção de um interpretador pedagógico que compõe o módulo Sócrates. Para tanto é apresentado o estudo cognitivo realizado, os parâmetros obtidos a partir deste estudo e a utilização de tais parâmetros na implementação do interpretador pedagógico.

A segunda seção do capítulo 3 apresenta a representação de conhecimento utilizada pelo módulo Sócrates. Nesta é exibida de forma mais detalhada (em comparação com o primeiro capítulo) a representação utilizada pelo sistema RUI, como também uma metodologia para traduzi-la em uma representação de conhecimento

adequada ao módulo Sócrates. Já na seção 4.2 é apresentado um interpretador lógico elaborado para funcionar em conjunto com o interpretador pedagógico.

O capítulo 4 consiste de uma discussão sobre os principais avanços obtidos a partir do módulo sócrático e também quais são as suas principais limitações. Entre os avanços são destacadas as vantagens obtidas com a utilização de um diálogo Sócrático em conjunto com a capacidade de interpretação e crítica de relações lógicas complexas e quais são os principais avanços obtidos na modelagem do estudante a partir da utilização deste módulo. Nesta mesma seção são apresentadas as suas duas principais limitações: (1) a incapacidade de lidar com incertezas lógicas e (2) a incapacidade de interpretar e responder perguntas realizadas pelo aprendiz.

O capítulo 5 é a conclusão do trabalho, onde apresentaremos as suas contribuições e também os trabalhos futuros. Ao final da dissertação encontra-se anexos que contém uma seção de ensino de radiologia média na qual estão destacadas as ocorrências de relações lógicas complexas, e uma descrição completa de uma imagem de Raio-X do tórax utilizando a representação de conhecimento proposta durante o trabalho.

2. TRABALHOS CORRELACIONADOS

Vários trabalhos servem como base deste, sendo possível subdividi-los em quatro principais áreas afins: (a) a construção de ferramentas de autoria e *shells* inteligentes para apoiar o ensino, (b) a aquisição de perícia em conceitos visuais, (c) sistemas para o ensino de radiologia médica e (d) o planejamento de diálogo pedagógico.

2.1 FERRAMENTAS DE AUTORIA E SHELLS PARA APOIAR O ENSINO.

Sistemas tutores inteligentes (STIs) podem oferecer grandes vantagens em ambientes passivos de aprendizagem, porém sua construção é muito cara e difícil por incluir diversos aspectos interdisciplinares, principalmente os de caráter pedagógico. Portanto, se faz necessário construir sistemas de autoria que visem a redução dos custos, assim como a produção automatizada de material de curso para um grande número de autores (MURRAY, 1997 e 1999). Isto é possível pois a maioria dos sistemas de autoria oferecem *shells* que permitem o reuso do mecanismo pedagógico essencial que contém componentes *instrucionais ajustáveis* em vários níveis de complexidade.

Atualmente existem vários modelos para construir tutores inteligentes tais como o de O'Shea, um dos pioneiros do campo (O'SHEA e outros, 1984), e também uma grande variedade de sistemas de autoria, nos quais são utilizadas diferentes técnicas para viabilizar a construção de STIs. Devem ser consideradas várias medidas ao se avaliar uma ferramenta de autoria. Tais medidas se referem à diversidade de STIs que podem ser produzidos por ela, o custo efetivo para utiliza-la, o tamanho ou sofisticação dos STIs criados e a facilidade com que esta pode ser utilizada por autores de curso (MURRAY, 1997 e 1999).

Podemos destacar sistemas de autoria como o COCA (MAJOR e REICHGELT, 1991) e o REDEEM (MAJOR, 1997), que visam reduzir o tempo do processo de autoria diminuindo a necessidade do especialista modificar o baixo nível instrucional, levando em consideração teorias da psicologia educacional. Isto possibilita construir STIs com um forte enfoque na capacidade de instrução. Já o Demonstr8 (BLESSING, 1997), visa reduzir a necessidade do autor possuir conhecimento “não específico” de domínio, através do uso de programação por demonstração, tornando o processo de autoria muito mais simples e rápido. Outros sistemas, como o SimQuest (JOOLINGEN e outros, 1997), visam a redução do esforço necessário neste processo com a troca de conhecimento entre diversos autores e a construção assistida de regras de ensino.

Sob a ótica do domínio objeto, podemos citar a *shell* denominada Micro-SEARCH (SLEEMAN, 1987a), a qual é destinada a apoiar o aprendiz para resolver tarefas não determinísticas. Como exemplo, pode ser citada a tarefa de resolução de problemas no domínio específico de álgebra booleana, sendo tais tarefas realizadas apenas utilizando questões de múltipla escolha, sem que haja a manipulação pedagógica de elementos do domínio através de relações lógicas. Vários sistemas como o PIXE (SLEEMAN, 1987b) derivado da mesmas idéias do Micro-SEARCH, utilizam um subconjunto da lógica clássica (mais especificamente regras de produção) como mecanismo pedagógico para detectar erros e acertos realizados pelo aluno. Porém, tais regras pedagógicas genéricas são aplicadas a uma base de conhecimento específica ao domínio sem permitir a interpretação de relações lógicas explicitadas pelo aluno.

Com base nesses trabalhos podemos constatar não só a necessidade de construir STI's com alto potencial reativo de dialogo, mas também a de produzirmos mecanismos reutilizáveis que possibilitem a elaboração destes sistemas de forma mais

simplificada e rápida. Como dito anteriormente, mesmo considerando todas as tentativas relevantes no sentido de construir sistemas de autoria e suas shells de STIs, nenhum destes é capaz de entender, criticar e dar continuidade a um diálogo que contém afirmações e perguntas de aprendizes as quais fazem referência explícita a relações lógicas entre objetos do domínio.

2.2 ENSINO DE CONCEITOS VISUAIS

Muitas atividades humanas requerem um forte treinamento para serem desenvolvidas com facilidade e precisão. Atividades que são suficientemente complexas, necessitam de muitas horas de prática, tais como o reconhecimento de conceitos visuais. Para reduzir o custo e viabilizar o treinamento em áreas relacionadas a este, podemos utilizar recursos computacionais através da construção de sistemas de ensino que possibilitem comunicar conhecimento de princípios e da prática.

Um dos principais trabalhos conceituais aplicado ao reconhecimento visual primário foi desenvolvido por LESGOLD (1984), que descreve importantes aspectos sobre a aquisição de perícia, tendo maior enfoque nas atividades humanas que requerem um forte treinamento. Neste, destaca-se a combinação de princípio e prática a serem desenvolvidos, além de aspectos da comparação entre especialistas e iniciantes que afetam fortemente o treinamento. São abordados aspectos sobre a prática, como a distinção entre processamento automatizado (não requer atos conscientes) e controlado (querer atos conscientes), e também habilidades que um radiologista deve possuir.

O conhecimento é adquirido em estágios, onde o primeiro se constitui na aquisição de conhecimento declarativo (ou factual), o segundo na compilação de tais fatos com a prática e o último estágio no seu uso na forma procedimental (ANDERSON, 1982). O estágio de compilação é dividido em duas partes: (1)

proceduralização na qual o conhecimento declarativo é transformado em uma “produção” e a (2) composição que agrega várias “produções” em uma só. Em seu último estágio o conhecimento passa por três mecanismos de adaptação: (1) o fortalecimento que é a execução de uma disciplina imposta sobre as “produções”, (2) a generalização, a qual aplicada a duas produções cujas condições tem estruturas idênticas mas são levemente diferentes no conteúdo e (3) a discriminação, que envolve adicionar novas condições para regras quando sua execução foi falha.

A natureza do conhecimento deve ser considerada de forma diferente em cada estágio da aquisição, bem como o comportamento dos aprendizes em relação ao desenvolvimento de tarefas de uma determinada capacidade dentro da perícia radiológica (LESGOLD, 1984). Portanto durante o processo de ensino o tutor deve ser capaz de elaborar críticas em vários níveis de complexidades adaptadas a cada estágio de conhecimento do aluno. Entretanto, para isto é necessário um mecanismo que seja capaz de criticar relações lógicas entre objetos do domínio, freqüentemente citadas por alunos que possuem um grau maior de conhecimento na forma procedimental. Isto permite a realização de tarefas complexas, bem como a aquisição de conhecimento mais avançado, tal como entender relações lógicas.

Em outro trabalho, Lesgold (LESGOLD e outros, 1989) descreve de forma detalhada a habilidade de diagnosticar imagens de raio X, com forte enfoque nas diferenças entre médicos residentes em vários níveis na perícia, desde iniciantes até especialistas experientes. Utilizando-se de experimentos, é constatado como especialistas e iniciantes fazem os diagnósticos de imagens através da organização de vários princípios como fisiologia, anatomia, teorias médicas e geometria projetiva de radiografia. Lesgold não construiu sistemas tutoriais para o ensino de conceitos visuais,

entretanto, seus trabalhos servem como uma sólida base teórica o projeto de tais sistemas.

Posteriormente, SHARPLES (1991), descreve aspectos importantes no ensino de conceitos visuais auxiliado por computadores. Destaca também características da perícia de reconhecimento de conceitos visuais, bem como aspectos pedagógicos relevantes para a construção de um sistema. Neste trabalho um conceito visual é definido como uma construção mental, com nome, associada a um conjunto de imagens visuais. São descritos meios para produzir um sistema tutor, como hipermídia e o método hipotético dedutivo para conduzir o diálogo entre o tutor artificial e o aprendiz. Nele são apresentadas tecnologias existentes que podem auxiliar no treinamento, como a reconstrução automática de uma imagem 3D a partir de seqüências de imagens 2D.

Podemos constatar através destes estudos a necessidade de um tutor automático entender e criticar relações lógicas explicitamente citadas pelo aluno, uma vez que distinguir corretamente as relações existentes entre elementos da imagem é fundamental para a perícia em diagnóstico de conceitos visuais. Além disso, através da habilidade do tutor automático em entender tais relações lógicas é possível ressaltar erros conceituais mais variados e, com isso, criar um modelo do estudante mais detalhado. Isto permite um aumento considerável na capacidade de instrução do sistema tutorial.

2.3 SISTEMAS PARA O ENSINO DE RADIOLOGIA MÉDICA

Assim como o computador é uma ferramenta de apoio ao diagnóstico radiológico (SWETT, 1992), ele também pode ser uma importante ferramenta de suporte ao ensino na área médica, sendo isto constatado em pesquisas como a realizada por REINHARDT e SCHEWE (1995). Como visto anteriormente, atividades

suficientemente complexas, tais como o reconhecimento de conceitos visuais, na qual se enquadra a Radiologia Médica, requer um forte treinamento com muitas horas de prática, sendo necessário neste caso o acompanhamento do instrutor. Isto torna o ensino desta perícia relativamente caro e em consequência disto, o número de casos vistos por um residente em radiologia é supostamente reduzido. Sendo assim, é necessário construir tutores que possam apoiar o ensino, reduzindo custos e suplementando o material de treinamento através da exposição de uma quantidade consideravelmente maior de imagens radiológicas adequadamente escolhidas (PIMENTEL e DIRENE, 1997 e 1998), acompanhadas do apoio tutorial interativo necessário a sua compreensão.

Existem poucos STIs direcionados à radiologia médica, mas podemos citar alguns trabalhos como os de SHARPLES e DU BOULAY (1988) que destaca elementos para construir estes sistemas tutores, como a representação do conhecimento do domínio através de *frames* estáticos e dinâmicos e também estratégias pedagógicas divididas em quatro categorias: introdução, consolidação, discriminação e revisão de conceitos. Este foi o primeiro sistema, para tal fim, a utilizar técnicas de inteligência artificial. O ensino é feito através de uma sessão de discussão de casos, onde são apresentados casos ao aluno e posteriormente é discutido o diagnóstico apresentado por este.

Já em outro trabalho mais atual de SHARPLES e DU BOULAY (1992), além das dificuldades encontradas ao construir sistemas tutoriais para o ensino de radiologia médica, são também destacados conjuntos de soluções adotadas para problemas ligados ao aprendizado de radiologia. Posteriormente, Sharples (SHARPLES e outros, 1995 e 1997), descreve aspectos sócio-cognitivos que devem ser considerados na construção de um sistema tutorial para a aquisição da perícia de interpretação de imagens radiológicas, bem como aspectos pedagógicos e conceitos da psicologia educacional. Este

embasamento permitiu produzir um tutor para o ensino de interpretação de imagens de ressonância magnética, as quais trazem mais detalhes de complexidade visual que imagens convencionais de raio-x.

No processo de desenvolvimento de um tutor para interpretação de mamografias, Azevedo (AZEVEDO e outros, 1997) apresenta críticas a vários sistemas tutores direcionados ao treinamento de radiologistas, destacando a necessidade de construir sistemas baseados em fundamentos cognitivos como o de Sharples (SHARPLES e outros, 1995 e 1997). O referido tutor inclui uma base teórica oriunda de observações da prática do mundo real que enfoca fatores pedagógicos implícitos em sessões de treinamento de residentes em hospitais, produzindo assim um protótipo de um tutor para mamografia apoiado em uma base teórica e empírica consistente.

O sistema de autoria RUI, já citado anteriormente (DIRENE, 1993 e 1997), foi validado com a construção de quatro bases de conhecimento para o ensino de radiologia médica: uma para o ensino de imagens de raio X do tórax, outra para imagens de ressonância magnética de tumores cerebrais, outra para aneurismas abdominais e outra para imagens de alterações do cerebelo. O sistema RUI obteve bons resultados não somente no processo de autoria, mas também no potencial instrucional de suas bases de conhecimento. Porém nenhum dos STIs direcionados a imagens médicas é capaz de articular conhecimento do aluno com o dele próprio de forma a complementar relações, como de causa efeito, entre diferentes conceitos visuais.

2.4 PLANEJAMENTO DE DIÁLOGO PEDAGÓGICO

Uma das primeiras tarefas de um tutor é planejar a seqüência correta de casos a serem apresentados ao aprendiz. Esta seqüência deve ser baseada em *medidas cognitivas* tais como *tipicidade* (MERVIS e ROSCH, 1981; SHARPLES e DU

BOULAY, 1988) e *similaridade* (TVERSKY, 1978), ou mesmo combinações de tais medidas qualitativas com medidas quantitativas como *confiabilidade* e *freqüência de ocorrência* (KILGARRIFF, 1988). Estas medidas são uma forma de conseguirmos obter algum meta-conhecimento sobre os exemplos da base de um STI. Para planejamento da seqüência do treinamento podemos, por exemplo, escolher novas imagens a serem inferidas a partir do conhecimento adquirido no processo de elicitacão, em conjunto com medidas quantitativas tais como as apresentadas por PIMENTEL e DIRENE (1997 e 1998).

Após escolhida a imagem a ser abordada devemos utilizar um planejamento de diálogo adequado a esta perícia, capaz de agendar de forma adequada os focos de diálogos existentes em um caso de radiologia. Entre os estudos com o propósito de conduzir diálogos tutoriais, é possível citar alguns trabalhos como o de DARADOUMIS (1993), o qual apresenta uma abordagem para conduzir acontecimentos dinâmicos, tais como interrupções em diálogos tutoriais. Este é baseado em uma extensão (para diálogos, não para monólogos) da teoria de estrutura de diálogo retórica (MAM e THOMPSON, 1987). Além disso, um modelo de trocas lingüísticas tem como ênfase principal preservar a coerência global, abordando estas interrupções para ser possível desenvolver um diálogo rico em relações retóricas. O referido modelo de diálogo é baseado em uma hierarquia de seis níveis de abordagem: *conversaão, dialogo, sub-dialogo, trocar, mover e agir*.

Podemos citar também, trabalhos como o de AIELLO e MICARELLI (1993), que apresenta um protótipo de um sistema de suporte ao aprendizado de língua estrangeira, sendo este realizado através de um diálogo tutor-aluno, utilizando para isto uma técnica chamada *coversation rebuilding*. Esta técnica rejeita o relacionamento tradicional entre estudante e tutor, em que o aprendiz é visto como um “gerador” de

respostas corretas e incorretas, julgadas pelo o tutor. Nesta técnica o estudante é visto como um pesquisador o qual trabalha com hipóteses e expectativas de informações úteis para revisar estas hipóteses, conduzindo portanto um diálogo com um relacionamento mais colaborativo.

Já WONG (1995) exhibe quais considerações devem ser relevantes para implementar um STI que contém uma interface de diálogo baseada no método de aprendizagem por investigação (COLLINS e STEVERS, 1982). Este método tem três objetivos distintos: (1) permitir que o estudante construa uma teoria ou um conjunto de princípios os quais fazem parte do conhecimento do tutor, (2) permitir que o aprendiz construa novas teorias e (3) ensinar ao estudante como perguntar a ele mesmo questões com o intuito de aprimorar sua educação meta-cognitiva ou para monitorar o desenvolvimento de suas habilidades (COLLINS, 1988).

Como dito anteriormente, o planejamento do diálogo deve ser adequado à comunicação de perícia no ensino de conceitos visuais. Alguns autores (TENNYSON e PARK, 1980; TENNYSON, 1992; STONES, 1979; GAGNE e outros, 1988) se concentraram no planejamento do ensino de conceitos (em geral), que podem ser aplicados ao ensino de conceitos visuais, utilizando para isto meios como os apresentados por SHARPLES (1991). O ensino de conceitos é definido por TENNYSON e PARK (1980), como sendo a identificação dos atributos de um conceito, de tal forma que o aprendiz possa generalizá-los para permitir a categorização de novos objetos e classificá-los como exemplares ou não deste conceito. Já nas idéias de STONES (1979), o ensino de conceitos pode ser dividido em três tarefas que são chamadas de análise, apresentação e avaliação.

O sistema RUI é fortemente baseado em heurísticas elaboradas a partir de estratégias independentes de domínio, sendo estas construídas através de observações

do conhecimento geral em diferentes domínios da perícia de reconhecimento visual. Cada conjunto de estratégias independente de domínio é executado pela aplicação de técnicas de raciocínio de plausibilidade humana destinadas à construção de STIs (HARTLEY e SMITH, 1988; WINKELS, 1992; VIRVOU, 1992). Considerando os trabalhos discutidos nesta subseção, entre outros, podemos constatar que, com a agregação de técnicas que permitam criticar fórmulas lógicas explicitamente citadas pelo aluno, é possível construir um planejamento de diálogos mais elaborados. Com a sua utilização, podemos obter uma maior coerência global de diálogo, bem como dar suporte a um relacionamento tutor-aprendiz mais colaborativo. Isto também permitirá ao tutor avaliar melhor, através de repostas mais ricas em relacionamentos, teorias e princípios construídos pelo aluno.

RESUMO

Neste capítulo é feita uma revisão crítica sobre os principais trabalhos relacionados. Estes podem ser subdivididos em quatro áreas principais. A primeira refere-se a construção de ferramentas de autoria e *shells* inteligentes para apoiar o ensino. Sendo neste capítulo são apresentadas as principais características das ferramentas existentes tanto no contexto da autoria como as capacidades de suas *shells* sob o ângulo de diferentes domínios de especialidade. A segunda área é a aquisição de perícia em conceitos visuais, sendo apresentados trabalhos que servem como fundamento teórico para a construção deste. Já na terceira, sobre o ensino de radiologia médica, são destacados os principais STIs construídos com tal propósito. A última área é o planejamento de diálogo pedagógico, sendo considerados trabalhos que enfocam o planejamento da seqüência de casos a serem apresentados, o agendamento de diálogos dentro de um caso e o planejamento do ensino de conceitos. Em cada uma destas quatro

áreas é destacada a necessidade de se construir módulos com capacidades semelhantes as apresentadas no presente trabalho.

3. SÓCRATES E SEU INTERPRETADOR PEDAGÓGICO

Um módulo tutor inteligente, denominado SÓCRATES, foi desenvolvido para o ensino de radiologia médica, o qual é capaz de conduzir diálogos com um estilo que viabilize o processo de aprendizagem. Foi adotado o estilo socrático para o tutor, uma vez que é adequado ao desenvolvimento desta perícia (SHARPLES, 1991). Estes diálogos são direcionados ao conceito de anomalias, por meio de partes anatômicas (P), características visuais (C), valores de características (V) e relações lógicas entre estes conceitos, como por exemplo relações de causa-efeito. Podemos subdividir a elaboração deste módulo tutor em três mecanismos principais: (1) um interpretador pedagógico de frases do aprendiz, (2) um construtor de representação de conhecimento e (3) o mecanismo de suporte lógico necessário à interpretação pedagógica.

Para a construção de um interpretador tutorial primeiramente devem ser considerados os aspectos pedagógicos que podem influenciar na aprendizagem. É através destes aspectos que podemos elaborar críticas capazes de estimular o aluno a desenvolver, de forma mais rápida e precisa, a consistência de conhecimento simbólico. Sob um ângulo mais específico, relações lógicas entre objetos do domínio podem guiar não só a elaboração de críticas, mas também todo o processo de interpretação. Portanto, para se construir um módulo tutor inteligente guiado por tais aspectos, foi necessário elaborar um componente do módulo SÓCRATES, denominado interpretador pedagógico.

3.1 UMA ABORDAGEM COGNITIVA

Para viabilizar a construção do interpretador pedagógico, foi primeiramente necessário criar uma base conceitual capaz de direcionar este interpretador no contexto pedagógico. Para tanto foi realizado um estudo cognitivo detalhado, tendo como objetivo a construção desta base direcionada à interpretação e crítica de relações lógicas complexas citadas pelo aprendiz. Este estudo pôde ser realizado através da observação de elementos que compõem o diálogo de aprendizagem da perícia de reconhecimento de imagens médicas.

Como dito anteriormente, o ensino de radiologia médica por tutores humanos é tipicamente conduzido por estudos de casos, com base em diálogos na linguagem natural técnica, o qual é rico em relações lógicas entre objetos do domínio, principalmente as relações de causa-efeito. Portanto para a construção deste interpretador pedagógico, primeiramente foi realizada uma análise detalhada de transcrições de diálogos entre residentes de radiologia médica e tutores humanos de radiologia (CURY, 1996). Com esta análise foi possível extrair padrões de frases citadas pelo aluno e através destes prever quais são as relações lógicas entre objetos do domínio relevantes ao ensino de radiologia médica nas diferentes fases da aquisição de perícia dos residentes.

Através destes padrões também foi possível extrair elementos importantes para o processo de interpretação, tais como parâmetros para a escolha do mecanismo de inferência lógica adequado e para a obtenção de qual(is) relação(ões) lógica(s), da base de conhecimento, são relevantes à interpretação em um determinado contexto. Da mesma forma, com a análise de respostas de tutores humanos, podemos construir um padrão de crítica adequado a cada afirmação ou indagação realizada pelo aluno,

formando assim o fundamento cognitivo para construir um interpretador de relações lógicas direcionado ao ensino de radiologia médica.

O estudo foi realizado utilizando transcrições, de linguagem falada para a escrita, elaboradas a partir de casos discutidos entre tutores humanos e alunos de radiologia em diversos níveis de perícia (aluno de graduação, R1, R2 e R3, significando residência médica de primeiro, segundo e terceiro ano respectivamente). Estas transcrições foram realizadas por CURY (1996), com a colaboração da Escola Paulista de Medicina (ver ANEXO 1). Mesmo que, a linguagem falada seja mais informal que a escrita, foi importante a utilização desta metodologia pois só assim foi possível analisar o comportamento do estudante/tutor em seu ambiente normal de aprendizagem.

O primeiro passo deste estudo foi a análise de comportamento do estudante, perante o caso médico apresentado, considerando o nível de perícia do referido estudante. Após isto, foi realizada a distinção entre frases relevantes e não relevantes, no contexto deste trabalho. Cada frase relevante foi analisada separadamente, levando em consideração fatores como por exemplo: dificuldade do caso apresentado e o nível de conhecimento do estudante.

A figura 3.1 contém exemplos de algumas frases de diálogos transcritos de linguagem natural falada para a escrita, como também a respectiva representação em lógica de predicados de primeira ordem. Foi necessário criar esta correspondência durante a análise cognitiva, pois através dela podemos avaliar de forma mais precisa o conteúdo de expressões do aprendiz do ponto de vista lógico. Cada fórmula lógica foi estudada separadamente e também comparada com a interação existente entre tutor e aprendiz, dentro do contexto da imagem em análise.

FIGURA 3.1 – EXEMPLO DE DIÁLOGOS REAIS E FÓMULAS LÓGICAS

<p>T: Uma lesão osteolítica como você encaixaria? A: Uma lesão osteolítica geográfica com halo de esclerose é benigna. Mas mesmo sem o halo de esclerose e com margens bem definidas ainda acho que seja uma lesão benigna porque tem um crescimento bem lento.</p>	<p>A: <i>Forall X Forall Y Forall Z ((Perna_dir (_X) & lesão_osteolítica_geográfica (_X, _Y) & (_Y ≠ 'normal')) & (halo_de_esclerose (_X, _Z) & (_Z ≠ 'normal')) -> (Y='benigna'))</i></p>
<p>T: E que tipo de reação periosteal você está vendo? A: Tem uma lamela mas não é só. A cortical está íntegra, uma coisa que é importante. Porque na reação tipo casca, a cortical fica descontínua e só o periósteo que continua .</p>	<p>A: <i>Forall _X, _Y, _Z, _W, _K, _I (Perna_dir (_X) & reação(_X, _Y) & (_Y = 'casca') -> (Cortical(_Z) & continuidade (_Z, _W) & (W = 'descont')) & (Periósteo (_K) & continuidade (_K, _I) & (I = 'normal'))</i></p>
<p>T: E que explicação você dá pra isso (osso osteopênico)? A: Vou fazer algumas hipóteses. Primeiro, talvez porque o paciente esteja com o membro inativo.</p>	<p>A: <i>Forall _X, _Y, _W, _Z ((Perna_dir (_X) & estado(_X, _Y) & (_Y = 'inativa') -> Femur (_W) & osteopenia (_W, _Z) & (_Z ≠ 'normal'))</i></p>
<p>T: Então já não é tão localizada a osteopenia? A: Eu disse que é localizada porque ela não está comprometendo a perna contralateral. Ela seria difusa se estivesse comprometendo o corpo todo.</p>	<p>A: <i>Forall _X, _W, _Z Exist _Y (Perna_conteral (_X) & osteopenia(_X, _Y) & (_Y = 'normal') -> Perna_dir (_W) & osteopenia(_W, _Z) & (_Z = 'localizada'))</i></p>

3.2 INVARIANTES DOS DIÁLOGOS TRANSCRITOS

Com base nestas observações, vários fatores foram extraídos como invariantes. Estes fatores servem como base para criar um tutor que seja capaz de elaborar um processo de acompanhamento mais próximo do processo tradicional de ensino desta perícia. Podemos citar invariantes como:

- Os diálogos apresentam um extenso vocabulário, ou seja existem muitas formas diferentes para dizer uma mesma relação lógica. Isto pode ser facilmente notado quando comparamos o mesmo caso analisado por estudantes em diferentes níveis de perícia. Normalmente os estudantes com maior conhecimento referem-se a uma relação de maneira mais formal e precisa.

- Relações lógicas são citadas em vários contextos no estudo de um caso. Estas podem ser utilizadas, por exemplo, para testes sobre conhecimentos de princípios de doenças (Ex: É um sarcoma de Ewing porque a faixa etária do paciente está entre 5 e 8 anos). Além disso, também se prestam para relacionar elementos da imagem com doenças e componentes anatômicos, expor os relacionamentos existentes entre várias anomalias ou mesmo descrever princípios da formação de imagens radiológicas (Ex: O osso não emite sinal porque o sinal na ressonância magnética é dado pela movimentação dos elétrons de H₂).

- Elas também podem ser utilizadas para expressar a evolução temporal de uma doença, tanto para descrever a seqüência de estados, como para identificar em que estágio a doença se encontra.

- São utilizadas para discutir a seqüência correta de trabalho a ser desenvolvida durante a análise de uma imagem radiológica, e para expressar a ordem correta de exames a ser realizada dentro de um caso. (Ex: dependendo da doença constatada em uma radiografia, deve ser pedida uma ressonância magnética, uma tomografia ou outra radiografia)

- Relações lógicas de causa-efeito (implicações) podem vir com antecedente ou a conseqüente da inferência contida na frase do tutor onde esta pode ser a ultima frase ou qualquer uma das frases anteriores. Por exemplo, o tutor pergunta: Por que o osso está fraturado?.

- Estas relações também podem ter a antecedente ou a conseqüente da inferência contidas em outra resposta anterior do aprendiz, podendo ser a última resposta ou qualquer uma das anteriores.

- Uma só resposta do aluno pode conter várias relações, como por exemplo a primeira resposta da figura 3.1 a qual é composta de várias frases, e até mesmo em uma única frase contida em uma determinada resposta pode ter várias relações lógicas

- Estudantes R1 normalmente usam relações lógicas para articular o conhecimento de princípios de radiologia ou quando são estimulados pelo tutor a dizê-las em outro contexto

- Já estudantes R2(em um nível mais avançado da perícia) tendem a explorar relações sobre elementos da imagem para inferir conclusões e justificar diagnósticos ao tutor, para ligar elementos da anomalia em questão, para discutir o aspecto evolutivo da doença e a seqüência correta do diagnóstico

- A antecedente da implicação pode ser uma hipótese levantada pelo tutor, ou seja elementos não presentes no caso em discussão

- O tutor estimula o aluno a dizer relações lógicas para testar o seu conhecimento de princípios (mais freqüentes em iniciantes) e ensinar elementos ligados à prática, tais como os fatos e relacionamentos que influenciaram o aprendiz a realizar um determinado diagnóstico

- Frequentemente são utilizados os operadores e/ou em conjunto com o operador de implicação, produzindo frases com as seguintes características lógicas : $A \& B \dots \rightarrow C$, $A | B \dots \rightarrow C$, $A \rightarrow B \& C \dots$, $A \rightarrow B | C \dots$, etc. Como exemplo de frase dita pelo aluno: “Alteração das partes moles, alteração no alinhamento do eixo, descontinuidade da cortical e calo ósseo são sinais de fratura patológica.”

- Quando os iniciantes dizem conceitos complexos, normalmente são questionados pelo tutor para justificar a sua aplicação e estes, na maioria das vezes, respondem utilizando-se de relações lógicas

- Em algumas relações não são citados valores de características (V). Este fato é mais freqüente quando o aluno utiliza estas relações para explicar princípios e menos freqüente quando são utilizadas para justificar um determinado diagnóstico

3.3 PARÂMETROS RESULTANTES

A partir deste estudo cognitivo, o qual enfocou a abundante presença de relações lógicas complexas entre objetos do domínio nos diálogos analisados, foi possível constatar alguns parâmetros utilizados na interpretação pedagógica destas relações. Estes parâmetros foram aplicados nas três principais funcionalidades do interpretador pedagógico: (1) o casamento de relações lógicas contidas na frase do aluno com as relações existentes na base de conhecimento, (2) a distinção de erros e imprecisões e (3) a elaboração de críticas.

3.3.1 O CASAMENTO DE RELAÇÕES LÓGICAS

O primeiro passo para a implementação do interpretador pedagógico foi a construção de um mecanismo capaz de manipular a frase citada pelo aluno com o conhecimento existente na base. Para isso foi necessária a construção de rotinas capazes de escolher a ordem de aplicação adequada de cada mecanismo de inferência e também a sua utilização em conjunto, usando para tal propósito, parâmetros resultantes do estudo cognitivo. Primeiramente, foi adotada a estratégia de não manipular a relação citada pelo aprendiz, e procurar a existência, na base de conhecimento, de uma relação que possua um certo grau de equivalência (seção 3.3.2) com manipulações apenas sobre a base. Esta atitude foi adotada porque, com exceção dos alunos em níveis mais avançados da perícia, poucas vezes eles são capazes de criar fórmulas lógicas que não sejam previstas de forma explícita ou implícita na base de conhecimento.

FIGURA 3.2 – EXEMPLO DE CASAMENTO DE RELAÇÕES LÓGICAS

<u>BASE</u>	<u>APRENDIZ</u>
1) Forall _X, _Y, _W, _Z (right_atrium (_X) & size (_X, _Y) & (_Y != 'normal') -> heart (_W) & size (_W, _Z) & (_Z != 'normal'))	Exist _X, _Y, _W, _Z (right_atrium (_X) & size (_X, _Y) & (_Y = 'enlarged') -> heart (_W) & size (_W, _Z) & (_Z = 'enlarged'))
2) Forall _X, _Y, _W, _Z, _I, _J ((right_atrium (_X) & size (_X, _Y) & (_Y != 'normal')) (left_atrium (_I) & size (_I, _J) & (_J != 'normal')) -> heart (_W) & size (_W, _Z) & (_Z != 'normal'))	Exist _X, _Y, _W, _Z (right_atrium (_X) & size (_X, _Y) & (_Y = 'enlarged') -> heart (_W) & size (_W, _Z) & (_Z = 'enlarged'))
3) Forall _X, _Y, _W, _Z (right_atrium (_X) & size (_X, _Y) & (_Y != 'normal') -> heart (_W) & size (_W, _Z) & (_Z != 'normal')) Forall _X, _Y, _W, _Z (superior_vena_cava(_X) & size(_X, _Y) & (_Y != "normal") => exists _w (right_atrium(_Z) & size(_Z, _W) & (_W != "normal"))	Exist _X, _Y, _W, _Z (superior_vena_cava(_X) & size(_X, _Y) & (_Y = "enlarged") -> heart (_W) & size(_W, _Z) & (_Z = 'enlarged'))

A figura 3.2, ilustra três métodos para casamento entre frases do aluno diretamente comparada com relações lógicas contidas na base. O primeiro consiste em um casamento “*simples*” no qual não foi utilizado qualquer regra de inferência. Já no segundo caso foi necessária a *lei da adição* ($A \models A \mid B$); notem que na base de conhecimento existe uma expressão do tipo $A \mid B \rightarrow C$ (considerando A,B e C definidos com base em (P)arte,(C)aracterística e (V)alor) e que o aprendiz disse uma frase do tipo $A \rightarrow C$. Com a utilização da *lei da adição* podemos constatar que a fórmula lógica existente na frase do aprendiz está contida nesta relação pertencente a base de conhecimento. No terceiro método temos a aplicação de *silogismo hipotético* ($A \rightarrow B, B \rightarrow C \models A \rightarrow C$). O aprendiz disse uma frase do tipo $A \rightarrow C$ e duas expressões estão contidas na base de conhecimento, $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow C$, logo por *silogismo hipotético* a frase do tipo $A \rightarrow C$ também está contida na base de conhecimento.

Como as relações obtidas na base de conhecimento através de regras de inferência servem como subsídio para compor a crítica, tais regras devem ser aplicadas em uma ordem adequada, uma vez que podemos constatar a equivalência de diferentes formas. De acordo com a figura 3.3 é possível aplicar a *lei da adição* ou *silogismo hipotético*. Para tanto foi adotada uma heurística com base em invariantes resultantes do estudo cognitivo onde tal heurística é constituída das regras de inferência lógica já citadas, seguindo uma ordem de complexidade pré estabelecida a partir dos referidos parâmetros. Isto é assumido pois acreditamos que um aprendiz iniciante tende a deduzir fórmulas através de mecanismos de inferência mais simples. Por exemplo entre os mecanismos de inferência apresentados na figura 3.2, a ordem mais provável de execução seria equivalência *simples* primeiro e, caso não fosse bem sucedida, a regra de inferência por *lei da adição* seria aplicada e só depois, se necessário, o *silogismo hipotético*.

FIGURA 3.3 – EXEMPLO DE CONFLITO NO CASAMENTO DE RELAÇÕES

LÓGICAS

<u>BASE</u>	<u>APRENDIZ</u>
Forall _X, _Y, _W, _Z (right_atrium (_X) & size(_X, _Y) & (_Y != 'normal') -> heart (_W) & size(_W, _Z) & (_Z != 'normal'))	Exist _X, _Y, _W, _Z (superior_vena_cava(_X) & size(_X, _Y) & (_Y = "enlarged") -> heart (_W) & size(_W, _Z) & (_Z != 'normal'))
Forall _X, _Y, _W, _Z, _I, _J ((superior_vena_cava(_X) & size(_X, _Y) & (_Y != "normal") (right_atrium (_I) & size(_I, _J) & (_J != 'normal')) => exists _w (right_atrium(_Z) & size(_Z, _W) & (_W != "normal"))	

Em alguns casos temos que aplicar mais de uma regra de inferência para obter uma fórmula equivalente na base de conhecimento, porém este método tem uma precedência menor do que a aplicação de uma só regra. A figura 3.4, apresenta o exemplo de um caso onde é necessário utilizar mais do que uma regra de inferência. Para acharmos a expressão adequada na base de conhecimento, primeiramente foi aplicada a regra de *eliminação por equivalência* para a segunda relação da base (notem que temos o sinal <->) e após esta a regra, foi utilizada a de *silogismo hipotético*.

FIGURA 3.4 – EXEMPLO DE CASAMENTO COM DUAS REGRAS

<u>BASE</u>	<u>APRENDIZ</u>
Forall _X, _Y, _W, _Z (right_atrium (_X) & size(_X, _Y) & (_Y != 'normal') -> heart (_W) & size(_W, _Z) & (_Z != 'normal'))	Exist _X, _Y, _W, _Z (superior_vena_cava(_X) & size(_X, _Y) & (_Y = "enlarged") -> heart (_W) & size(_W, _Z) & (_Z != 'normal'))
Forall _X, _Y, _W, _Z (superior_vena_cava(_X) & size(_X, _Y) & (_Y != "normal") <-> exists _w (right_atrium(_Z) & size(_Z, _W) & (_W != "normal"))	

Caso não exista nenhuma fórmula relevante na base de conhecimento então a frase do aprendiz é manipulada utilizando regras de inferência lógica. Após a sua

manipulação, é utilizado o processo anterior para achar a relação adequada. A figura 3.5 apresenta um exemplo simples de manipulação, onde o aprendiz responde com uma frase do tipo $A|B \rightarrow C$ e, utilizando esta fórmula sem qualquer manipulação, não foi possível casá-la com nenhuma relação da base. Isto faz com que ela seja repartida em duas fórmulas $A \rightarrow C$ e $B \rightarrow C$, onde cada sub-relação é submetida ao processo descrito anteriormente.

Alguns parâmetros devem ser retornados ao sub-sistema responsável por elaborar críticas (seção 3.3.3) ao aluno, onde estes parâmetros são basicamente as relações obtidas no processo de casamento de relações lógicas e a(s) regra(s) de inferência utilizada(s). Por exemplo na figura 3.4 os valores retornados seriam as regras de inferências aplicadas na respectiva ordem (*eliminação por equivalência*, *silogismo hipotético*) e as expressões relevantes da base de conhecimento. Parâmetros responsáveis pelo não sucesso do mecanismo também são retornados. Supondo que na figura 3.5 tivéssemos apenas uma das relações lógicas na base, então os valores seriam: a sub-fórmula que casou, a técnica de inferência aplicada e a sub-fórmula que não casou, uma vez que esta é necessária para compor a crítica adequada ao aluno.

FIGURA 3.5 – EXEMPLO DE CASAMENTO COM MANIPULAÇÃO

<u>BASE</u>	<u>APRENDIZ</u>
Forall _X, _Y, _W, _Z (right_atrium (_X) & size (_X, _Y) & (_Y = 'enlarged') -> heart (_W) & size (_W, _Z) & (_Z /= 'enlarged'))	Forall _X, _Y, _W, _Z, _I, _J ((right_atrium (_X) & size (_X, _Y) & (_Y = 'enlarged')) (left_atrium (_I) & size (_I, _J) & (_J /= 'enlarged')) -> heart (_W) & size (_W, _Z) & (_Z /= 'enlarged'))
Forall _X, _Y, _W, _Z (left_atrium (_X) & size (_X, _Y) & (_Y /= 'enlarged')) -> heart (_W) & size (_W, _Z) & (_Z /= 'enlarged'))	

3.3.2 FRASES IMPRECISAS OU INCORRETAS

Com a análise dos resultados obtidos pelo estudo cognitivo, podemos destacar a necessidade de orientar, de forma diferente, erros graves ou apenas imprecisões cometidos pelo aprendiz quando este diz explicitamente uma relação lógica. Dentre os vários erros que podem ser cometidos pelo estudante podemos citar a afirmação de ausência ou presença de anomalias ou relações lógicas quando estas não existem na imagem. Já entre as possíveis imprecisões cometidas pelo aluno podemos destacar a afirmação de valores (V) relativamente próximos dos reais e a constatação de relações lógicas parciais, mesmo que incorretas, tendo um certo grau de proximidade entre as relações existentes no domínio.

A constatação de afirmação de valores (V) contidos em frases do aprendiz que sejam relativamente próximos do real e que caracterizam uma imprecisão cometida pelo aluno provoca um tratamento pedagógico através de mecanismos semelhantes aos existentes no sistema RUI. A idéia básica deste mecanismo está na distinção entre valores que caracterizam a existência ou não de uma anomalia. Por exemplo temos vários valores de tamanho do coração: o valor “*normal*” caracteriza a não existência de cardiomegalia, e os valores “*slightly_enlarged, moderately_enlarged, enlarged, markedly_enlarged e grossly_enlarged*” caracterizam a existência da anomalia. Caso o aluno responda “*normal*” para um coração que está “*grossly_enlarged*” então está caracterizado um erro, caso ele responda “*enlarged*”, para o mesmo coração, então estaria caracterizada uma imprecisão.

Da mesma forma devemos distinguir relações lógicas erradas de imprecisas. Portanto não podemos construir um mecanismo de “equivalência” de expressões simplesmente baseado em parâmetros lógicos, uma vez que necessitamos achar relações

lógicas que sejam relativamente próximas da dita pelo aprendiz. Só assim é possível corrigir imprecisões cometidas por ele.

Após aplicar os mecanismos apresentados na seção 3.3.1 temos que verificar se cada expressão candidata é relevante no contexto “pedagógico”, ou seja, se são expressões equivalentes do ponto de vista lógico ou possuem algum grau de semelhança que caracterize uma imprecisão cometida pelo aluno. Caso a relação seja equivalente do ponto de vista lógico então a frase escrita pelo aluno está correta. Se existir alguma relação relativamente “próxima” da escrita pelo aluno a frase está imprecisa e se não for satisfeita nenhuma destas condições então está caracterizado um erro do aluno, ou seja, o aluno certamente disse uma relação que não existe.

Existem duas condições mínimas para a relação do aprendiz ser considerada suficientemente próxima da relação contida na base de conhecimento. A primeira é que os operadores lógicos contidos nas duas relações devem iguais ou equivalentes. A segunda exige que as relações devem referenciar as mesmas partes anatômicas (P) e características visuais (C), uma vez que estes parâmetros são básicos para identificar uma relação. Portanto este tipo de imprecisão é identificada neste sistema tipicamente por desvios de valores e relações incompletas, sendo isto fortemente notado durante o estudo cognitivo realizado.

A figura 3.6 exibe um exemplo de equivalência pedagógica cuja base de conhecimento contém seis relações que satisfazem à condição básica para caracterizar uma frase imprecisa. Neste caso é necessária a atribuição de “pesos” que descrevam o grau de proximidade de cada relação com a frase do aprendiz, para ser possível através deste mecanismo escolher a relação à qual provavelmente o estudante se referiu. Este “peso” é elaborado através de um processo heurístico que se constitui basicamente de:

- (1) atribuir um ponto para cada relação com o mesmo valor-verdade da fórmula do

aprendiz; (2) mais um ponto para cada “parte” (entende-se por parte um agrupamento de P,C e V) de uma relação que contenha o mesmo valor-verdade; (3) dois pontos para cada valor citado na frase do aprendiz que esteja presente em uma fórmula lógica da base de conhecimento dentro de um mesmo contexto (Ex: na figura 3.6 o valor “markedly_enlarged” está presente na expressão em negrito em mesmo contexto em que ela encontra-se na frase do aprendiz) e (4) um ponto para cada valor citado na frase em um mesmo contexto, mas que esteja dentro uma margem de erro tolerável (neste caso foi adotado dez por cento).

Como exemplo deste processo podemos considerar a figura 3.6, porém como esta possui apenas um subconjunto da base de conhecimento só é possível analisar através desta os parâmetros (3) e (4) apresentados anteriormente. Podemos notar que as frases que obteriam maiores pontuações, com tais parâmetros, seriam: a quarta por ter o valor 0.7 contido nela, em um mesmo contexto que ele se encontra na frase do aprendiz e a quinta (em negrito) que possui dois valores *markedly_enlarged* e 0.9 que satisfazem o terceiro parâmetro e também um valor dentro do limite de erro tolerado conforme o quarto parâmetro (neste caso 10% de um conjunto de 0-1). Portanto este mecanismo escolheria a quinta expressão como a mais adequada para compor a crítica do tutor, uma vez que esta totalizou uma quantidade maior de pontos.

Podemos notar que utilizando estes parâmetros de pontuação obtemos realmente a fórmula da base de conhecimento mais próxima da escrita pelo aprendiz e provavelmente à qual ele queria se referir em sua frase, caracterizando assim apenas um caso de imprecisão. Este mecanismo retorna valores para o apresentado na seção 3.3.1. Estes valores se constituem da existência ou não de equivalência “pedagógica” e dos pesos associados a cada fórmula. O mecanismo então escolhe a fórmula de maior peso, dentro de uma mesma técnica de inferência, e elabora seus valores de retorno (o método

de inferência, a manipulação da fase do aprendiz e a fórmula lógica) para a parte do sistema responsável por montar a crítica.

FIGURA 3.6 – EXEMPLO DE EQUIVALÊNCIA PEDAGÓGICA

<u>BASE</u>	<u>APRENDIZ</u>
Forall X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y < 0.5) -> size(_X,_Z) & (_Z = "normal"))	Forall X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y >= 0.7 AND _Y < 0.9) -> size(_X,_Z) & (_Z = "markedly_enlarged"))
Forall X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y >= 0.5 AND _Y < 0.6) -> size(_X,_Z) & (_Z = "slightly_enlarged"))	
Forall X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y >= 0.6 AND _Y < 0.7) -> size(_X,_Z) & (_Z = "moderately_enlarged"))	
Forall X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y >= 0.7 AND _Y < 0.8) -> size(_X,_Z) & (_Z = "enlarged"))	
Forall X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y >= 0.8 AND _Y < 0.9) -> size(_X,_Z) & (_Z = "markedly_enlarged"))	
Forall X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y >= 0.9) -> size(_X,_Z) & (_Z = "grossly_enlarged"))	

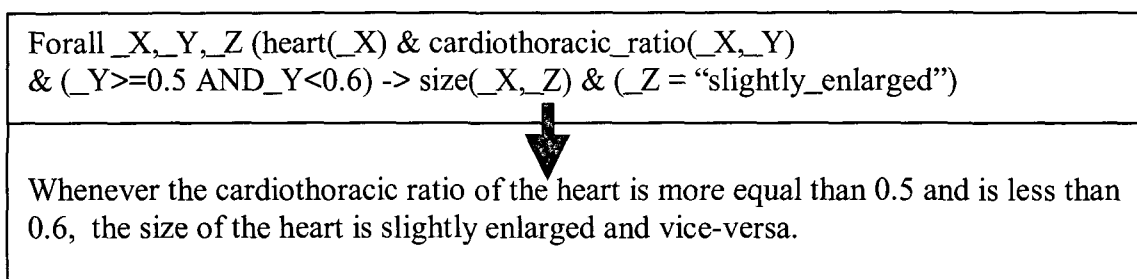
3.3.3 ELABORAÇÃO DE CRÍTICAS

Com a utilização dos valores de retorno dos mecanismos apresentados anteriormente nas seções 3.1.3.1 e 3.1.3.2 o sistema deve ser capaz de elaborar a crítica, em linguagem natural, que vai ser apresentada ao aluno. Para a elaboração correta desta crítica é necessário considerar parâmetros extraídos da análise cognitiva, uma vez que estes devem ser usados para a interpretação dos valores retornados pelos mecanismos

apresentados. Estes parâmetros cognitivos também servem para uma estratégia geral de tratamento de fases.

Com o objetivo de dar suporte à elaboração de críticas foi construído um tradutor capaz de transformar uma fórmula lógica em um texto em linguagem natural equivalente. A figura 3.7 exibe um exemplo do funcionamento deste tradutor em um relacionamento entre a fração torácica e uma escala ordenada de tamanho do coração. Este está baseado em um mecanismo capaz de associar elementos da fórmula lógica, tais como quantificadores, operadores lógicos e relacionais, nomes de “predicados” e valores associados a variáveis, para textos em linguagem natural.

FIGURA 3.7 – EXEMPLO DE FUNCIONAMENTO DO
TRADUTOR LOGICA → L.N.



Primeiramente a frase do aluno, já traduzida para lógica, é submetida aos mecanismos apresentados anteriormente e a partir da sua avaliação, diferentes estratégias são adotadas. Se a frase estiver correta é elaborada uma crítica que confirme o que foi dito pelo aprendiz. Após isto, a frase é repartida em unidades que chamamos de “parte da frase”, sendo cada uma delas constituída de um conjunto de P, C e V. Então estas partes são submetidas ao interpretador lógico (seção 4.2) e, utilizando seus valores de retorno (valor-verdade e variáveis instanciadas), o interpretador pedagógico é capaz de avaliar se a relação está ou não presente na imagem em questão.

Considere a seguinte frase digitada pelo aluno *“The size of the heart is not normal because the right atrium is not normal”*. Utilizando os mecanismos apresentados anteriormente foi constatado que realmente existe esta relação. O tutor confirma a existência da relação contemplando de forma mais precisa a sua abrangência, compondo assim a seguinte frase: *“Whenever the size of the right atrium is not normal the size of the heart is not normal”*. Entretanto suponha na imagem em questão o coração e a aurícula direita não estão alterados, ou seja ambos estão normais. Sendo assim utilizando o mecanismo apresentado, o qual é baseado em separar a frase do aprendiz em várias “partes”, o interpretador tutorial é capaz de complementar a sua crítica: *“But the right atrium and the heart are normal”*.

Erros como o citado anteriormente podem ser notados durante a análise cognitiva, principalmente em estudantes intermediários (R2). A figura 3.8 contém um trecho de diálogo entre um estudante R2 e o tutor humano, onde existe uma relação lógica de causa efeito da primeira frase do aluno para a primeira frase do tutor. Esta relação realmente existe na base de conhecimento porém, no decorrer do diálogo, podemos observar que não há um “calo ósseo” como esperava o aluno. Isto caracteriza um caso análogo ao citado anteriormente, no qual a relação está correta mas, analisando suas partes, podemos notar erros cometidos pelo aluno.

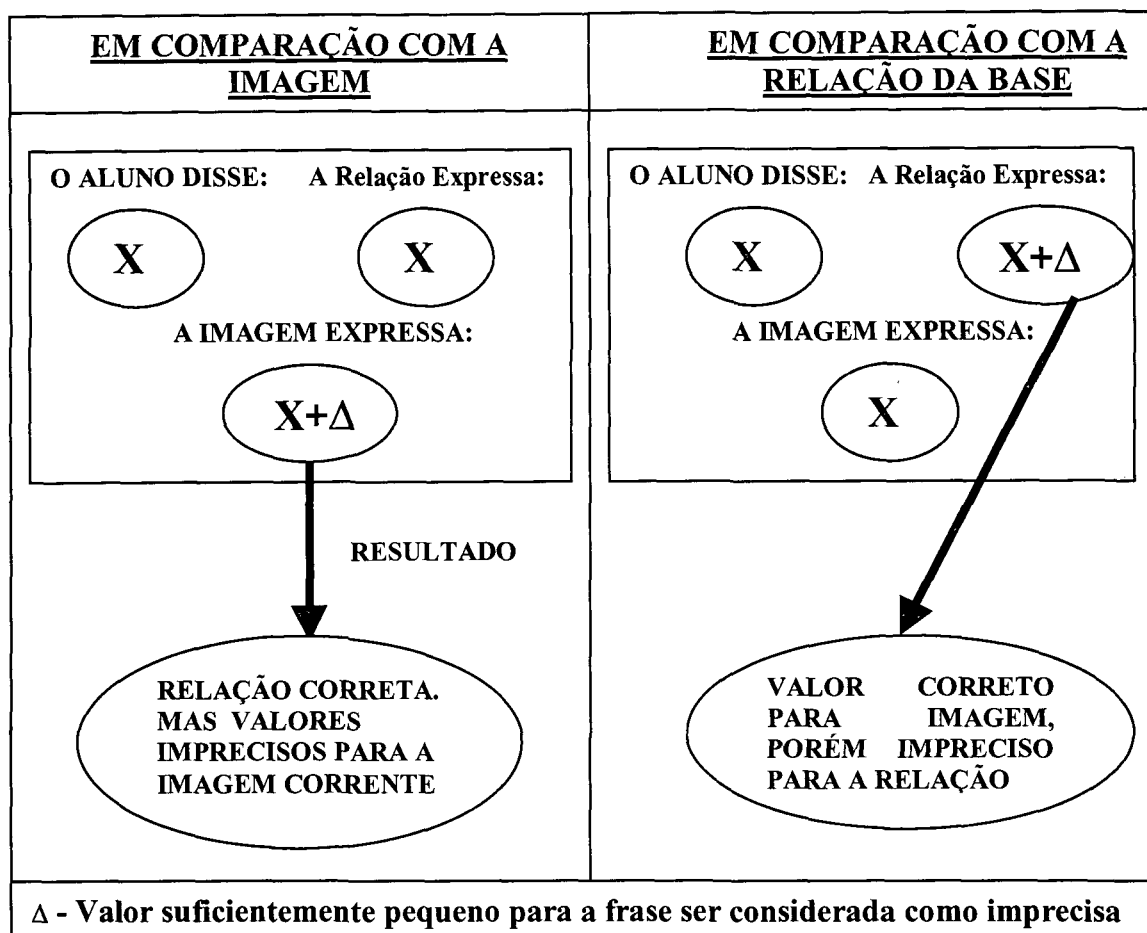
FIGURA 3.8 – EXEMPLO DE RELAÇÕES CERTAS MAS PARTES INCORRETAS

<p>**T: Quais são os sinais radiológicos de fratura patológica ?</p> <p>**A: Alteração das partes moles, alteração no alinhamento do eixo, descontinuidade da cortical e, se for antiga, calo ósseo.</p> <p>T: E o traço de fratura que é a solução de continuidade, certo?</p> <p>A: Certo.</p> <p>T: Neste caso há um outro sinal. Qual é ele?</p> <p>A: Pensei em calo ósseo ...</p> <p>T: Há um traço de fratura aqui, de difícil detecção. Você concorda?</p> <p>A: Correto. No começo pensei em calo ósseo mas realmente agora vejo um TF.</p>
--

Da mesma forma podemos ter relações corretas ditas pelo aprendiz mas que em um determinado contexto podem caracterizar uma imprecisão cometida por ele. Considere que o aluno tenha dito a seguinte frase: *“The size of the heart is slightly enlarged because the cardiothoracic ratio of the heart is 0.55.”* e a base de conhecimento contém relações lógicas que confirmam a existência da relação contida nesta frase. Porém na imagem em questão o raio cardiotoraxico é 0.65, então através da análise das “partes” desta frase o tutor elabora a seguinte crítica: *“The cardiothoracic ratio of the heart is not 0.55, it is 0.65 and the heart is not slightly enlarged, it is moderately enlarged. But whenever the cardiothoracic ratio of the heart is more equal than 0.5 and is less than 0.6, the size of the heart is slightly enlarged and vice-versa.”*

O aluno também pode responder frases imprecisas sob o ponto de vista das relações lógicas existentes. Considere que o aprendiz tenha dito a seguinte frase: *“The size of the heart is slightly enlarged because the cardiothoracic ratio of the heart is 0.65.”*. Através dos métodos apresentados nas seções anteriores, podemos constatar a existência de relações relativamente próximas da citada pelo aluno e utilizando a heurística de “pesos” extraímos a relação lógica mais adequada para formar a crítica a apresentada a seguir. Considerando que, na imagem em questão, a fração torácica é 0.65 e analisando a frase do aluno o interpretador pedagógico constata a existência de dois tipos de imprecisão: uma no contexto da imagem (o coração está *moderately enlarged*) e outra em relação à fórmula lógica. Utilizando tal diferenciação entre os tipos de imprecisões cometidas pelo aluno, sendo esta melhor ilustrada na figura 3.9, o módulo socrático é capaz de compor a seguinte crítica: *“Actually, the cardiothoracic ratio of the heart is 0.65. But the heart is not slightly enlarged, it is moderately enlarged and whenever the cardiothoracic ratio of the heart is greater or equal than 0.6 and is less than 0.7, the size of the heart is moderately enlarged and vice-versa.”*

FIGURA 3.9 – TIPOS DE IMPRECISÕES



Através de parâmetros resultantes do estudo cognitivo, devemos considerar uma relação totalmente incorreta somente se o mecanismo apresentado anteriormente na seção 3.3.2 não encontrar nenhuma relação “relevante” para a crítica. Ou seja, caso não exista nenhuma fórmula lógica na base de conhecimento que referencie as mesmas partes (P) e características (C) utilizando operações lógicas iguais ou equivalentes. Para elaborar a crítica, devem ser considerada cada parte da frase em relação à imagem. Valores imprecisos e incorretos são tratados de forma análoga à apresentada anteriormente e uma crítica adequada é elaborada ao aluno. Como exemplo, podemos supor que o aluno tenha escrito a frase: “*The ascending aorta is markedly calcified because the right atrium is slightly enlarged.*” e na imagem em questão a aorta acedente está levemente calcificada, a aurícula direita está grande. Isto é suficiente para constatar

que a relação existente na frase do aprendiz está incorreta, então o módulo socrático compõe a seguinte crítica: *“The ascending_aorta is not markedly calcified, it is slightly_calcified and the right_atrium is not slightly enlarged, it is enlarged. There are no relationships between the calcification of the ascending aorta and the size of the right atrium.”*

Em alguns casos a relação dita pelo aluno não é válida para todas as imagens, ou seja ela está incorreta. Porém quando submetida a um interpretador lógico (Seção 4.2), é constatado que esta é válida para a imagem em questão. Podemos notar isto quando a imagem não é um “contra exemplo” em relação ao que foi dito pelo aluno. Através de parâmetros cognitivos podemos constatar que casos como este merecem uma atenção especial e uma estratégia válida seria o tutor elaborar uma pergunta a qual requer uma justificativa real das características presentes nos elementos da imagem.

Como exemplo deste caso temos a seguinte frase digitada pelo aluno: *“The ascending aorta is calcified because the right_atrium is enlarged.”*. Na base de conhecimento consta que a aorta ascendente está calcificada, a aurícula direita está grande, mas não existe relação entre a calcificação da aorta ascendente e o tamanho da aurícula direita. Através destes parâmetros o módulo socrático responde: *“Actually, the ascending_aorta is enlarged and the size of the right_atrium is enlarged. But there no relationships between the calcification of the ascending_aorta and the size of the right_atrium.”* e como complemento à crítica este módulo também pode dar suporte para o tutor elaborar a seguinte pergunta: *“What is the real justification for the right atrium being enlarged ?”*. A decisão de elaborar uma pergunta e não expor imediatamente a justificativa, deve ser adotada pois esta é mais condizente com as características de um interpretador baseado no estilo Socrático.

Outro aspecto importante que deve ser considerado na composição da crítica é o método de inferência adotado e as manipulações realizadas sobre a frase do aprendiz. Através do método de inferência podemos extrair relações lógicas que, em muitos casos, devem ser explicitamente citadas na réplica do tutor. Já considerando as manipulações realizadas, podemos extrair conclusões mais precisas sobre a frase do aprendiz, tais como em que aspecto a relação lógica dita pelo aluno está correta ou não.

Como exemplo de uma maneira para extrair dados das manipulações realizadas podemos citar a seguinte frase: *“The righth atrium is enlarged because the superior vena cava is enlarged and calcified”* (considerando que existe somente uma relação correta entre o tamanho da veia cava superior e o tamanho da aurícula direita). Através do processo de manipulação no qual esta frase é repartida em duas relações lógicas, foi possível detectar qual relação existe e qual não existe. Portanto, através deste método foi elaborada a crítica: *“Actually, the size of the superior vena cava is enlarged and calcified, and the right atrium is normal. There no relationships between the calcification of the superior vena cava and the size of the right atrium”*. De maneira análoga, as regras de inferência utilizadas durante o processo de procura por uma fórmula lógica servem para a composição de críticas a frases do aprendiz.

RESUMO

Este capítulo apresenta o projeto e implementação de um interpretador pedagógico de frases do aprendiz, que é o principal mecanismo do módulo tutor inteligente denominado Sócrates. Este é direcionado à interpretação de relações lógicas complexas em diálogos para o ensino de conceitos visuais. Primeiramente são apresentados os aspectos cognitivos que foram considerados na construção do

interpretador pedagógico. Para tanto é apresentado o estudo realizado com base em diálogos reais transcritos a partir de aulas de radiologia. Em seguida, os parâmetros obtidos a partir deste estudo são justificados, assim como a utilização de tais parâmetros na implementação deste interpretador.

4. REPRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO LÓGICA

Conforme dito anteriormente podemos subdividir a elaboração do módulo Sócrates em três mecanismos principais: (1) um interpretador pedagógico de frases do aprendiz, (2) um construtor de representação de conhecimento e (3) o mecanismo de suporte lógico necessário à interpretação pedagógica. No capítulo anterior foi abordada a construção do interpretador pedagógico, neste capítulo será exibida a elaboração dos outros mecanismos, os quais são essências para o funcionamento deste interpretador.

4.1 REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

Para a manipulação correta do conhecimento pelo módulo Sócrates, foi necessário criar uma representação baseada em lógica clássica de predicados de primeira ordem. Porém, como este é integrado à ferramenta de autoria do sistema RUI, foi necessária a construção de um sub-sistema capaz de mapear a representação produzida durante a fase de autoria para uma representação adequada ao interpretador sócrático. Este método deve permitir mapear o conhecimento de uma representação para outra sem que haja perdas semânticas capazes de influenciar o funcionamento do módulo sócrático.

4.1.1 AS REPRESENTAÇÕES DA SHELL DO SISTEMA RUI

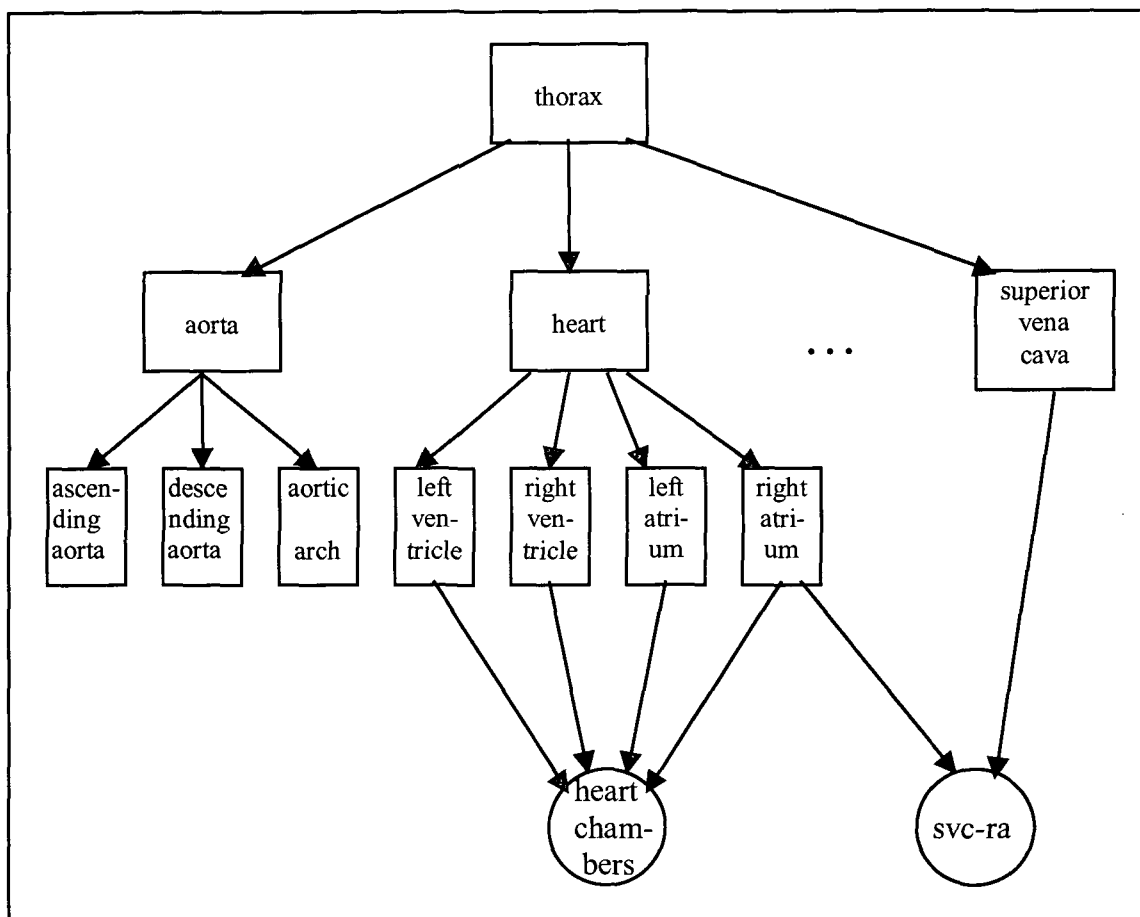
No sistema RUI o conhecimento é adquirido em dois níveis: o nível conceitual e o de produção. A descrição no nível conceitual é o primeiro passo de modelagem e esta é baseada na idéia de **classes de anomalias** (Figura 4.1). Uma classe de anomalia consiste de uma descrição orientada a objetos guiada por informações sobre

a estrutura anatômica do objeto (componentes e subcomponentes do corpo humano) visualizado em exemplos de imagens de uma determinada classe. No sistema RUI, o encapsulamento de informações ocorre no plano de cada componente da anatomia e é responsável por proteger dois elementos: conhecimento sobre o domínio e operações de ensino.

O conhecimento sobre o domínio é definido em termos de dimensões de características e de restrições sobre características enquanto as operações de ensino são vistas como regras específicas do domínio e regras de proteção. Uma dimensão de característica (ou simplesmente característica) é um conjunto de valores (ou simplesmente valores) utilizados por um especialista para definir uma unidade de um conceito visual. Como por exemplo, *tamanho* é uma característica do componente *coração*, a qual deve ter um valor específico em uma determinada imagem, contido em um conjunto de valores possíveis (“normal”, “levemente aumentado”, “aumentado” e “muito aumentado”).

As restrições são relacionamentos sobre o universo de características visuais e seus valores para definir com mais exatidão expressões consistentes sobre uma classe de anomalia. Ou seja, são relações escritas sobre as diversas partes e suas características que descrevem um certo padrão entre os valores possíveis. Ex: “Sempre que o ventrículo esquerdo não está normal, o tamanho do coração também não está”. A lógica de predicados de primeira ordem é utilizada como linguagem de interface da Ferramenta de Especificação para definir estas restrições, conforme a notação sugerida por HAYES (1985).

FIGURA 4.1 – ESTRUTURA ANATÔMICA DA CLASSE DE ANOMALIA
(HEART-ENLARGEMENT)



Portanto, uma restrição sobre característica contém instruções a respeito de valores- verdade de um relacionamento entre muitas características (e seus valores) e assim podem ser referenciadas em uma clausula condicional de regras de ensino específicas de domínio ou de proteção do ensino. Regras de ensino específicas de domínio são definidas usando uma linguagem de programação baseada em regra de produção (da Inteligência Artificial). Da mesma forma, clausulas de proteção também são definidas como regras de produção para tratar um problema clássico em descrições orientadas a objetos conhecido como “violação de encapsulamento por efeito de herança” (DIRENE, 1993b).

No nível de produção especialistas definem as classes de anomalias existentes (descritas no nível conceitual) para representações específicas, chamadas descrições de imagens. Estas descrições podem ser classificadas, conforme a literatura existente, para fins de “análise de cenas em alto nível abstrato”. Esta tarefa é realizada no sistema RUI através de uma Ferramenta para Descrição de Imagens, a qual permite que especialistas criem descrições para as imagens contidas em sua base.

Neste sistema a descrição de uma imagem consiste de duas partes: uma informação através de “*pixels*” e a informação simbólica. A primeira é constituída de arquivos de imagens manipulados por especialistas que podem ser exibidos na tela como complemento visual ao processo de aprendizagem. Associada à informação visual, a informação simbólica consiste de descrições de alto nível de conceitos visuais. Estas incluem: (1) informação anatômica a respeito de um objeto existente na imagem, (2) características “C” e valores “V” para estas características os quais podem ser atribuídos às diferentes partes da anatomia, (3) informação de visibilidade (algumas características podem estar escondidas na imagem) e (4) localizadores gráficos.

4.1.2 A REPRESENTAÇÃO DE UMA FRASE

A frase digitada pelo aluno deve ser traduzida de linguagem natural para uma representação de conhecimento adequada ao módulo socrático. Tal funcionalidade é atribuída a um processador de linguagem natural externo a este módulo. Entretanto o projeto desta representação é interno ao módulo Socrático uma vez que ele deve contemplar o formalismo de descrições constituídas de fórmulas lógicas as quais contém conjuntos de P,C e V unidos por operadores lógicos, variáveis e quantificadores de variáveis lógicas.

Esta representação é semelhante às relações lógicas apresentadas nos exemplos anteriores, os quais podem ser fácil e intuitivamente entendidos. Porém nesta seção damos um enfoque mais formal das representações, bem como algumas particularidades destas, uma vez que elas foram construídas sobre um sub-conjunto da lógica clássica de primeira ordem. Considerado primeiramente os quantificadores de variáveis lógicas, da mesma forma que em lógica clássica podem ser universais (Forall) e existenciais (Exists). Neste caso, seu escopo é limitado à expressão subsequente delimitada por parênteses ou até que o outro quantificador lógico redefina a variável.

As partes anatômicas são representadas através de predicados os quais têm o mesmo nome destas partes e uma variável que deve ser instanciada com elementos pertencentes ao mesmo tipo de parte anatômica. Como exemplo, temos na figura 4.1 a parte “heart”, e escrevemos $heart_X$ associando a variável “_X” a um identificador do objeto. Para características temos um predicado com o mesmo nome da característica em questão e duas variáveis, sendo que a primeira indica a qual parte anatômica ela pertence e a segunda os valores de características (V) a serem instanciados. Como exemplo, temos o identificador de um coração instanciado na variável “_X” e a característica “cardiothoracic_ratio”. Logo, para se obter os valores associados a esta através da variável _Y, escrevemos “ $cardiothoracic_ratio_X_Y$ ”.

Após isto, uma expressão matemática deve ser escrita para o valor ou conjunto de valores referido pelo aprendiz. Esta expressão contém a variável com o(s) valor(es) instanciado(s), operadores relacionais (“<” menor que, “>” maior que, “=” igual, “/=” diferente, “>=” maior igual e “<=” menor igual) e operadores lógicos (“AND” conjunção, “OR” disjunção e “~” negação). Como exemplo, temos o valor “_Y” pertencente a uma determinada característica, para o qual o aprendiz disse que está entre 0.6 e 0.7, então a seguinte fórmula deve ser escrita “ $(_Y > 0.6 \text{ and } _Y < 0.7)$ ”.

Um conjunto composto de um predicado para identificar a Parte anatômica, mais um para identificar a Característica e uma expressão sobre os Valores desta, unidos pelo operador de conjunção “&” formam uma “parte da frase”. Como exemplo, podemos compor: “*Forall _X,_Y (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y>=0.6 AND _Y<0.7))*”. Uma determinada parte da frase pode não conter o primeiro predicado e até mesmo o segundo, porém esta deve fazer referência à outra parte já processada. Se considerarmos “*Forall _Z (size(_X,_Z) & (_Z = “moderately_enlarged”))*” como uma parte da mesma frase do exemplo anterior, podemos notar nesta a não existência de uma referência explícita à Parte anatômica. Porém como a variável “_X” foi instanciada pela outra parte da frase do aprendiz e seu escopo abrange a segunda então esta segunda parte de frase é válida.

A composição de várias partes de frases unidas por operadores lógicos (“&” conjunção, “|” disjunção, “->” implicação e “<->” dupla implicação) formam uma frase(relação) completa. Podemos compor frases completas, a partir dos exemplos anteriores utilizando o sinal de dupla implicação. A seguinte frase exemplifica este caso: “*Forall _X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y>=0.6 AND _Y<0.7)) <-> size(_X,_Z) & (_Z = “moderately_enlarged”)*”. Ou seja, se o aluno disser em linguagem natural : “*The heart is moderately enlarged because the cardiothoracic ratio is between 0.6 and 0.7.*”, a frase deve ser traduzida para: “*Exist _X,_Y,_Z (heart(_X) & cardiothoracic_ratio(_X,_Y) & (_Y>=0.6 AND _Y<0.7)) -> size(_X,_Z) & (_Z = “moderately_enlarged”)*” e a partir desta expressão serão aplicados os mecanismos apresentados na Seção 3.

Como no sistema RUI a estrutura anatômica está escrita em função de uma relação parte-todo e conexões entre partes anatômicas (figura 4.1), a representação da frase do aluno também deve conter tais relações. Por isso, uma relação lógica também

pode expressar a relação “parte-todo” existente na modelagem do sistema RUI através de um predicado denominado “*is_a*” o qual contem duas variáveis, sendo que a primeira deve significar o “todo” e a segunda a “subparte”. Como exemplo, a frase “*All parts of the heart are enlarged.*” deve ser traduzida para “*Forall X,_Y,_Z (heart(_X) & is_a (_X,_Y) & size (_Y,_Z) & (_Z = “enlarged”))*”.

4.1.3 A REPRESENTAÇÃO DE FRAMES EM LÓGICA

A representação de conhecimento foi construída visando a facilidade com que ela é manipulada pelo módulo socrático. Porém, como a representação interna de “classes de anomalia” em forma Orientada a Objetos já é estável no sistema RUI, foi necessário um mapeamento adicional desta para uma representação equivalente em lógica. Foi utilizada para isto, a metodologia sugerida por Hayes (HAYES, 1985), que propôs transformar uma estrutura baseada em frames (MINSKY, 1975), orientada a objeto, para uma representação equivalente em lógica de predicados de primeira ordem (de representação por assertivas lógicas), conforme a Figura 4.2.

FIGURA 4.2 – EXEMPLO DO MAPEAMENTO DE UM FRAME PARA UMA EXPRESSÃO LÓGICA, CONFORME HAYES

<u>FRAMES</u>
<frame [P [C ₁ [V ₁]] [C ₂ [V ₂]] [C ₃ [V ₃]]]>
<u>LÓGICA</u>
C ₁ (P, V ₁). C ₂ (P, V ₂). C ₃ (P, V ₃).

O conhecimento necessário ao módulo socrático é extraído tanto de descrições de imagens (nível de produção) como também de descrições da classe de anomalia (nível conceitual). Do nível de produção são mapeados os elementos que vão compor os “fatos” presentes na base lógica, ou seja, são instâncias de Partes, Características e Valores que descrevem os elementos pertencentes a uma determinada imagem. Estes fatos são descritos de forma análoga à representação de predicados em uma fórmula lógica correspondente a uma determinada frase do aprendiz.

Uma parte anatômica é representada através de um predicado que tem o nome do componente anatômico descrito no nível conceitual, com um parâmetro que contém o valor único o qual identifica a instância existente na imagem. Como exemplo, um componente descrito como “*heart*” no nível conceitual cuja instância (objeto) tem o identificador único na imagem, “SP_160”, é representado na base de fatos como “*heart (SP_160)*”. Já as características (C) são descritas na base de conhecimento lógica como um predicado o qual tem o mesmo nome dado à característica no nível de produção e dois termos do predicado constituídos receptivamente pelo identificador do objeto ao qual a característica pertence em uma determinada imagem e pelo valor associado a esta característica na mesma imagem. Como exemplo, para o mesmo coração descrito na base de fatos anterior, temos a característica “*size*” com o valor “*enlarged*” representada na base lógica através do predicado *Size (sp_160, enlarged)*.

Relações de parte todo são representadas na base de conhecimento através do predicado “*is_a*”. Este predicado contém dois parâmetros: o primeiro indica a instância do “todo” e o segundo a instância da “subparte” pertencente à imagem corrente. Suponha duas partes atômicas definidas na imagem como “*Heart (sp_160)*” e “*Righth_atrium(sp_158)*”, observando a figura 4.1 é constatado que a aurícula direita é

uma parte do coração, então o predicado “*is_a (sp_160,sp_158)*” é criado para descrever esta relação na imagem.

A base de conhecimento também contém relações lógicas mapeadas a partir do nível conceitual, ou seja são restrições sobre características contidas nas descrições de classes de anomalia. É sobre este conjunto de relações que são aplicados os mecanismos apresentados na seção 3.3, sendo portanto necessário que este seja completo. A sintaxe de cada relação lógica é semelhante a adotada para representar a frase do aluno (seção 4.1.2).

Na figura 4.3, temos um exemplo de base de conhecimento produzida com este método (exemplo de uma base completa no ANEXO 2). Esta base é dividida em duas partes: na primeira temos descritas partes anatômicas (ex: coração, aurícula direita, ventrículo direito, aorta, veia cava superior), relações de parte-todo (ex: aurícula e ventrículo direitos são parte do coração), características (ex: fração torácica, tamanho) e valores (ex: marcadamente grande, 0.85). Já na segunda temos relações lógicas, como por exemplo, relações de causa efeito (ex: relação entre o tamanho da veia cava e o tamanho da aurícula direita, relação entre o tamanho da aurícula direita e do coração).

FIGURA 4.3 – EXEMPLO DE BASE LÓGICA

<u>BASE LÓGICA</u>
FATOS
Aorta(sp157). Right_atrium(sp_158). Right_ventricle(sp_159). Heart (sp_160). Superior_Vena_Cava (SP_161). Is_A (sp_160, sp_158). Is_A (sp_160, sp_159). ... Cardiothoracic_ratio (sp_160, 0.84) Size(sp_158, markedly_enlarged) Size(sp_161, markedly_enlarged). ...
RESTRICÇÕES
Forall _X Forall _Y Forall _Z (Superior_Vena_Cava(_X) & Size(_X, _Y) & ~ (_Y = "normal") <=> Exists _W (Right_atrium(_Z) & Size(_Z, _W) & ~ (_W = "normal")) ... Forall _X, _Y, _W, _Z (right_atrium (_X) & size(_X, _Y) & (_Y /= 'normal') -> heart (_W) & size(_W, _Z) & (_Z /= 'normal')) ...

4.2 O INTERPRETADOR LÓGICO

Para a construção de um interpretador pedagógico que compreenda relações lógicas explícitas foi necessário desenvolver também um interpretador de fórmulas lógicas para funcionar de maneira combinada. Através deste interpretador de fórmulas lógicas, podemos realizar manipulações entre as representações da base de conhecimento do sistema RUI (traduzida para fórmulas lógicas) e a representação da frase do aprendiz. Exemplos de manipulações são o cômputo de valor-verdade de expressões lógicas e instanciação de variáveis. Durante a construção do interpretador lógico foram adotadas hipóteses simplificadoras, pois utilizamos um sub-conjunto da lógica de predicados de primeira ordem, obtendo através destas um interpretador livre de alguns problemas comuns em algoritmos aplicados sobre esta lógica (FITTING, 1996), como por exemplo repetições infinitas.

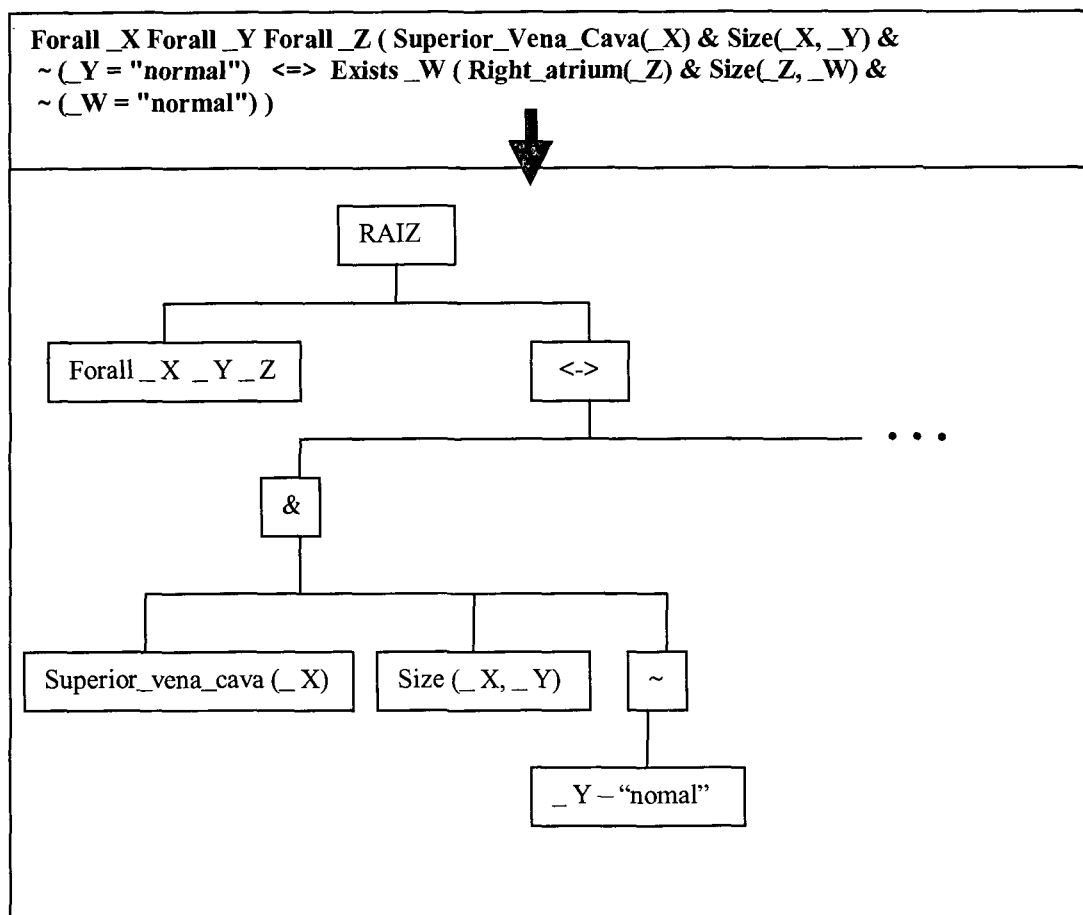
4.2.1 A MECÂNICA DE AVALIAÇÃO LÓGICA

Considerando a representação de conhecimento utilizada, podemos notar algumas particularidades deste subconjunto da lógica clássica de primeira ordem. Nesta representação não existem variáveis livres, ou seja, todas as variáveis são associadas ao quantificador universal ou existencial. Conforme visto anteriormente, os predicados podem ser de três tipos: (1) um para identificar a parte anatômica, (2) outro para instanciar valores a partir da especificação da parte e característica e (3) outro para expressar o relacionamento partonômico entre os elementos anatômicos em uma determinada classe de anomalia. Os valores de características sofrem comparações através de expressões com operadores relacionais (“<” menor que, “>” maior que, “=” igual, “/=” diferente, “>=” maior igual e “<=” menor igual) e operadores lógicos (“AND” conjunção, “OR” disjunção e “~” negação), sendo portanto esta sintaxe semelhante a um parâmetro do comando “if” em uma linguagem convencional de programação.

Internamente, já transformada para fórmula lógica, a frase do aprendiz é representada através de uma estrutura em árvore a qual especifica a ordem correta de avaliação, sendo necessário apenas realizar uma busca em profundidade sobre seus elementos (ver exemplo na figura 4.4). Para cada folha atingida durante o processamento, um algoritmo determina o tipo de expressão associada à referida folha. Os tipos podem ser: (1) um quantificador+variável(is), (2) um predicado ou (3) uma expressão relacional de comparação de valores. Se esta folha for um quantificador, então este é associado às variáveis nela descritas. Caso seja um predicado destinado a identificar a parte anatômica, a variável é instanciada com o identificador de objetos presente na base de conhecimento (fatos da base lógica) da imagem atual ou vários

identificadores são instanciados se este interpretador for submetido a um conjunto de imagens.

FIGURA 4.4 – EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO DE UMA FÓRMULA LÓGICA ATRAVÉS DE UMA ESTRUTURA EM ARVORE



Para a folha que contém um predicado cujo nome se refere a uma característica visual de uma instância de parte anatômica especificada em seu primeiro termo, um valor (V) é instanciado na variável do segundo termo conforme a representação apresentada na seção 4.1.2.. Neste caso, o valor (V) é único para um conjunto composto de uma característica visual e um identificador de objeto. Já quando temos, em uma folha, um predicado que se refere a uma relação parte-todo contendo na

variável do primeiro termo instancias de objeto, as quais assumem o papel da superparte, é atribuído à variável de seu outro termo, as instâncias de objetos que compõe as sub-partes.

Caso a folha seja uma expressão para avaliar um valor (V) de uma determinada característica visual, então o valor-verdade é calculado através dos operadores lógicos e relacionais. Esta avaliação é realizada de forma semelhante a de um “*if*” em uma linguagem convencional de programação. Porém, como uma variável pode conter um conjunto de valores (V), o valor-verdade (resultado da avaliação da expressão) é associado a cada um destes valores, para que posteriormente um algoritmo atribua um só valor para toda a parte da frase em questão.

Para computar o valor-verdade de uma “parte” da relação lógica é necessário (conforme seção 4.1.2) considerar os quantificadores lógicos associados às variáveis. Para tanto foi criada uma estrutura em árvore que indica as dependências de instâncias contidas em suas variáveis. A análise desta estrutura de dependência, em conjunto com o quantificador lógico associado a cada variável, irá determinar o valor-verdade da parte da frase que está sendo interpretada.

A figura 4.5 ilustra duas expressões lógicas onde cada uma delas corresponde a um exemplo de parte da frase dita pelo aprendiz, transformada para fórmula lógica. A diferença entre as duas partes está na troca do quantificador universal das variáveis *Y* e *Z* (da primeira frase) pelo quantificador existencial (na segunda frase), sendo que esta troca resultou em um valor-verdade diferente para cada um dos exemplos. Nas variáveis *X* e *Y* foram instanciados identificadores de objetos correspondentes às partes anatômicas existentes na imagem. Já a variável *Z* foi instanciada com valores (V) correspondentes à característica *size* para cada instancia de parte anatômica. Além

disso, foram associada para cada um destes valores (V) um valor-verdade obtido a partir da expressão “*Z = markedly_enlarged*”.

FIGURA 4.5 – EXEMPLOS DE CÁLCULO DO VALOR-VERDADE ASSOCIADO A UMA PARTE DA FÓMULA LÓGICA

<u>PARTE DA FRASE</u>	<u>PARTE DA FRASE</u>
<p>Aluno: All parts of the heart is markedly enlarged.</p> <p>Fórmula correspondente: Forall <i>_X, _Y, _Z</i> (Heart(<i>_X</i>) & Is_A (<i>_X, _Y</i>) & Size (<i>_Y, _Z</i>) & (<i>_Z = markedly_enlarged</i>))</p>	<p>Aluno: One parts of the heart is markedly enlarged.</p> <p>Fórmula correspondente: Forall <i>_X</i> Exists <i>_Y, _Z</i> (Heart(<i>_X</i>) & Is_A (<i>_X, _Y</i>) & Size (<i>_Y, _Z</i>) & (<i>_Z = markedly_enlarged</i>))</p>
<u>VARIÁVEIS INSTANCIADAS</u>	<u>VARIÁVEIS INSTANCIADAS</u>
<p>X: sp_160 <i>1A</i></p> <p>Y: sp_158 <i>1A 1A</i> sp_159 <i>1A 2A</i> sp_165 <i>1A 3A</i> sp_166 <i>1A 4A</i></p> <p>Z: enlarged <i>1A 1A 1A</i> False enlarged <i>1A 2A 2A</i> False markedly_enlarged <i>1A 3A 3A</i> True enlarged <i>1A 4A 4A</i> False</p> <p>VALOR-VERDADE: FALSE</p>	<p>X: sp_160 <i>1A</i></p> <p>Y: sp_158 <i>1A 1E</i> sp_159 <i>1A 2E</i> sp_165 <i>1A 3E</i> sp_166 <i>1A 4E</i></p> <p>Z: enlarged <i>1A 1E 1E</i> False enlarged <i>1A 2E 2E</i> False markedly_enlarged <i>1A 3E 3E</i> True enlarged <i>1A 4E 4E</i> False</p> <p>VALOR-VERDADE: TRUE</p>

Nesta mesma figura (figura 4.5) podemos notar a presença de elementos, em itálico, que ilustra a formação de uma árvore de dependência entre instâncias e valores de objetos. Esta dependência é responsável pelos diferentes cálculos de valores-verdade atribuídos a cada um dos exemplos desta figura. Tal diferença é constatada através da execução de um algoritmo que determina o valor-verdade da parte da frase pela análise desta árvore em conjunto com os quantificadores lógicos associados às variáveis.

Considerando a figura 4.6 que ilustra a árvore correspondente aos elementos representados em itálico na parte da frase situada no lado esquerdo da figura 4.5, temos

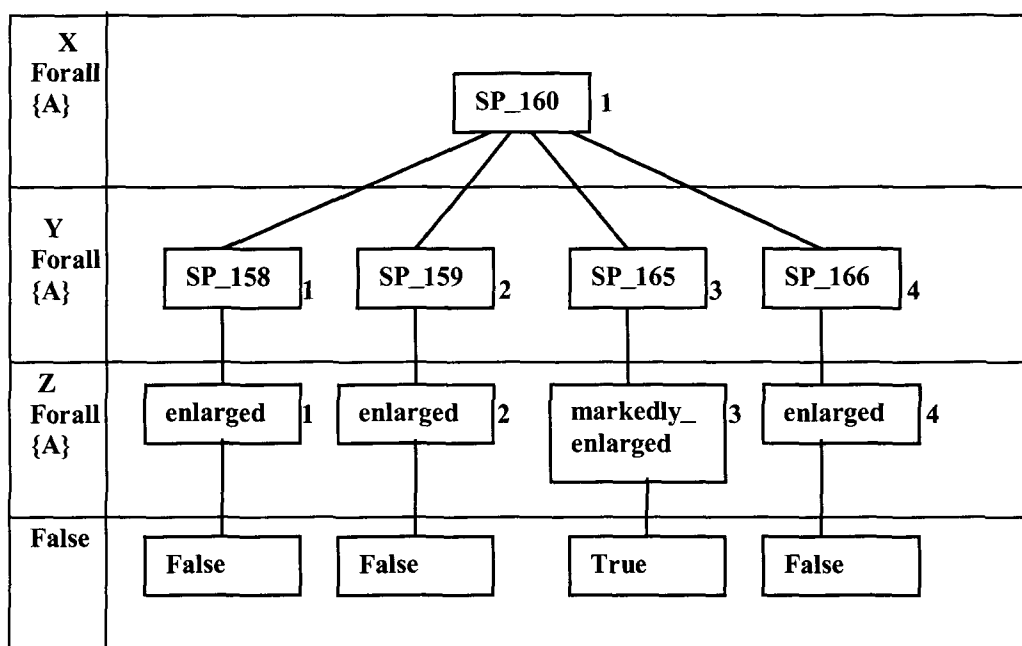
como o segundo “ramo” desta árvore uma dependência entre as instâncias “SP_160 e SP_159” e o valor “enlarged”. Isto significa que a o valor “enlarged” foi obtido a partir da submissão da instância “SP_159” ao predicado *size* e esta por sua vez através da instância “SP_160” aplicada ao predicado *is_a*. Podemos notar que para cada valor (V), situado suas folhas, é associado um valor-verdade calculado a partir da expressão relacional existente na frase do aluno ($_Z = \textit{markedly_enlarged}$) e também que cada nodo da árvore está associado a uma variável quantificada universalmente (no lado esquerdo da figura 4.6).

O segundo “ramo” da árvore apresentada na figura 4.6 pode ser representado através da notação interna adotada pelo interpretador conforme a figura 4.5 por: “*enlarged 1A 2A 2A False*”. Nesta notação temos respectivamente: (1) o valor (V) “*enlarged*”, (2) uma seqüência de números e símbolos “*1A 2A 2A*” os quais correspondem ao número seqüencial de instâncias existentes nas variáveis *X*, *Y* e *Z* e o quantificador associado a estas (A- Forall e E- Exist) e (3) o valor-verdade “*false*” calculado a partir da expressão $_Z = \textit{markedly_enlarged}$. Portando esta expressão significa respectivamente que: (1) que o valor (V) *enlarged* está associado a primeira instância (SP_160) da parte anatômica (P) *heart* cuja variável está quantificada universalmente, (2) que esta ligado a segunda instância (SP_159) do predicado *is_a*, o qual também tem a variável associada ao quantificador universal, (3) o valor “*enlarged*” é o segundo valor (V) instanciado em uma variável quantificada universalmente e (4) para este valor (V) foi atribuído o valor-verdade *false*.

Um algoritmo então é executado nesta árvore para determinar o valor-verdade que será atribuído na “parte da frase”. Como por exemplo: temos para a “parte de frase” à esquerda da figura 4.5 associado o valor-verdade *False* e podemos notar isto através da leitura da árvore de dependência de instancias exibida junto aos valores da variável *Z*

e na figura 4.6. Nela é possível observar, através da notação apresentada anteriormente, que **nem todos** os valores de instância da parte anatômica *heart* tem uma “subparte” anatômica com o valor-verdade *True* associado aos valores (V) extraídos a partir do predicado *size* submetido a estas “sub-partes”, caracterizando portanto esta frase como *False*. Da mesma forma também é possível observar com que mecanismo foi avaliado o valor-verdade da frase situada à direita da figura 4.5

FIGURA 4.6 – EXEMPLO DE UMA ÁRVORE DE DEPENDÊNCIAS DE INSTÂNCIAS



Considerando que a frase dita pelo aprendiz é primeiramente separada em subpartes, para cada uma das partes é aplicado o mecanismo apresentado anteriormente, o qual resulta em um valor-verdade a cada execução. É possível a partir deste momento então encarar estas partes de frases como uma variável de uma expressão escrita sobre a lógica proposicional. Uma vez avaliadas as partes, seus resultados podem ser armazenados em variáveis booleanas unidas por operadores lógicos para constituir assim

a avaliação da frase completa. Portanto para calcular o valor-verdade correspondente à toda a frase do aprendiz bastou aplicar um algoritmo simples de tabela de valor-verdade da lógica proposicional.

4.2.2 CAPACIDADES EXTRAS UTILIZADAS PELO INTERPRETADOR

PEDAGÓGICO

Algumas particularidades foram adicionadas a este interpretador lógico para contemplar as necessidades do interpretador pedagógico. Entre estas capacidades podemos citar a de interpretar uma “parte da frase” como sendo continuação de outra, ainda que esta não seja submetida em um mesmo instante. Isto é necessário pois, durante a execução do interpretador pedagógico (conforme o capítulo 3), este pode requisitar ao interpretador lógico o processamento de “partes de frases” relacionadas em diferentes instantes da execução, tais como as apresentadas na figura 4.7. Esta figura ilustra o funcionamento do interpretador em duas “partes de frase”, sendo que a parte exibida à direita é submetida como continuação da frase mostrada na esquerda. Notem que, para implementar tal funcionalidade, basta manter o conteúdo da variável *Y* após a interpretação da parte de frase exibida à direita e informar que a parte à esquerda utiliza este valor em uma variável com o mesmo nome.

Durante a execução do mecanismo apresentado na seção anterior, um algoritmo é utilizado para distinguir predicados e também para identificar expressões relacionais sobre valores (V). O interpretador pedagógico em muitos casos necessita de dados que podem ser facilmente extraídos durante a execução deste algoritmo. Portanto, em vários instantes o interpretador lógico é requisitado não só para calcular valores-verdade e instanciar variáveis, mas também para extrair dados relevantes da frase do aprendiz, fundamentais para o módulo Socrático compor a crítica.

Em muitos casos, o interpretador pedagógico necessita dos nomes (itens léxicos) das Partes anatômicas e das Características visuais existentes na frase do aprendiz para compor a crítica. Esta informação não é extraída de variáveis computadas a partir do interpretador de fórmulas lógicas, uma vez que estas apenas trazem instâncias de P e C e não os nomes associados a estas instâncias na frase do aprendiz. Tal informação coincide com o nome do predicado construído para determinar suas instâncias, sendo esta facilmente extraída do algoritmo responsável por distinguir predicados.

FIGURA 4.7 – EXEMPLO DE CÁLCULO DO VALOR-VERDADE DE DUAS PARTES RELACIONADAS

<u>PRIMEIRA PARTE DA FRASE</u>	<u>SEGUNDA PARTE DA FRASE</u>
Forall _X, Exist _Y, _Z (Arota(_X) & Is_A (_X, _Y) & Size (_Y, _Z) & (_Z = enlarged))	Exist _W (Calcification (_Y, _W) & (_W = slightly_calcified))
<u>VARIÁVEIS INSTANCIADAS</u>	<u>VARIÁVEIS INSTANCIADAS</u>
X: sp_157 ... Y: sp_167 ... sp_168 ... sp_169 ... Z: normal ... False enlarged ... True normal ... False	W: slightly_calcified ... True calcified ... False normal ... False
VALOR-VERDADE: TRUE	VALOR-VERDADE: TRUE

Os elementos que compõem a expressão destinada a avaliar Valores de características visuais são muitas vezes requisitados pelo interpretador pedagógico para compor a crítica. Como exemplo, o estudante pode ter dito a seguinte frase: “*The heart is moderately enlarged because the cardiothoracic ratio is between 0.6 and 0.7.*”, então

a partir desta frase é construída uma expressão para avaliar o valor da fração torácica “ $\underline{Z} > 0.6$ and $\underline{Z} < 0.7$ ”. Supondo que esta seja 0.8, o módulo sócrático então deve compor, através da utilização dos mecanismos apresentados na seção 3.3.3, a seguinte parte de crítica: “... *the cardiothoracic ratio is not between 0.6 and 0.7, it is 0.8 ...*”.

Entretanto, para construir tal crítica, o interpretador pedagógico requisita ao interpretador de fórmulas lógicas a expressão criada anteriormente para avaliar os Valores da frase do aprendiz. Isto é necessário pois, compondo a crítica a partir da referida expressão (e não através das frases do aluno diretamente expressa em língua natural) o tutor pode elaborar de maneira única e correta a parte da crítica a ser apresentada ao estudante.

RESUMO

Neste capítulo foi exibida a elaboração dos outros mecanismos que compõe o módulo Sócrates: (1) um construtor de representação de conhecimento e (2) o mecanismo de suporte lógico necessário à interpretação pedagógica. Estes mecanismos são essenciais para o funcionamento do interpretador pedagógico. É exibida de forma mais detalhada (em comparação com o primeiro capítulo) a representação utilizada pelo sistema RUI, como também uma metodologia para mapear esta (orientada a objetos) para a representação de conhecimento adequada ao módulo Sócrates (em lógica de predicados). Por ultimo é apresentado o interpretador lógico construído para funcionar em conjunto com o interpretador pedagógico. Para tanto, é discutido o mecanismo de avaliação lógica utilizado na representação de conhecimento adotada e as características que este mecanismo deve ter para o funcionar em conjunto com o interpretador pedagógico.

5 DISCUSSÃO

Neste capítulo são discutidas algumas melhorias alcançadas com a utilização de um módulo inteligente capaz de interpretar e criticar relações lógicas complexas explícitas em frases do aprendiz. Tais melhorias incidem principalmente sobre duas partes da ferramenta: (1) a interface tutorial, a qual passou a ter um maior potencial de instrução a partir de vantagens obtidas com a utilização do módulo Sócrates e (2) o modelo do estudante, o qual foi enriquecido tanto na modelagem de curto prazo como na de longo prazo. Neste capítulo também são discutidas as duas principais limitações do módulo Sócrático: (1) o tratamento de incertezas lógicas e (2) a capacidade de entender perguntas direcionadas pelo aprendiz para o tutor.

5.1 VANTAGENS DO DIÁLOGO SOCRÁTICO

Com a utilização do formalismo lógico apresentado neste trabalho podemos obter vantagens para a implementação de diálogos sócráticos. Estes diálogos possuem cinco características principais: (1) os requisitos expostos são direcionados para conduzir um interrogatório e não para um diálogo, (2) as regras são restritas ao propósito de controlar o aluno e não o tutor, (3) as respostas devem ser limitadas ao ponto abordado pela última questão, (4) elas devem ser tão breves quanto possível e (5) os propósitos dos números 3 e 4 são para manter uma rigorosa conexão entre as questões perguntadas. Tais características enfocam a descoberta de inconsistências cometidas pelo aprendiz, tornando o diálogo Sócrático adequado ao ensino de conceitos visuais pois se enquadram em vários aspectos pedagógicos relevantes ao desenvolvimento do processo de aprendizagem desta perícia.

Considerando os aspectos pedagógicos que devem ser adotados no ensino de conceitos visuais, tais como os apresentados por SHARPLES (1991), destaca-se a abordagem Hipotético-Dedutiva (um dos componentes de um diálogo Sócrático) como adequada ao ensino de conceitos. Podemos citar alguns que podem ser facilmente alcançados através da utilização de um interpretador baseado em diálogos no estilo Sócrático. Como exemplo: “Encorajar o estudante a explicar os conceitos com sua própria linguagem” (STONES, 1979). Observando as características do diálogo Sócrático apresentadas anteriormente podemos notar que as repostas do tutor para o aprendiz devem ser breves e direcionadas a conduzir um interrogatório, atingindo portanto através destas características, o objetivo pedagógico apresentado.

Uma vez adotado este formalismo lógico, enfocando conduzir um diálogo com as principais características de um diálogo sócrático, foi possível obter vários benefícios potenciais como:

- “Conduzir o aprendiz a uma reflexão mais precisa sobre a inconsistência de sua fala”. Através deste módulo é possível detectar um conjunto maior de erros cometidos pelo estudante e também, em muitos casos, possibilitar a elaboração de críticas mais precisas sobre as inconsistências contidas em frases do aprendiz.
- “Maior fluidez no diálogo que passou a ser orientado por relações entre anomalias”. Com este tipo de orientação é possível elaborar comentários que visam expor não só as características (C) mas também o relacionamento entre as várias características (C) a serem abordadas. Além disto permite que o aprendiz comente estes relacionamentos de forma explícita em suas frases,

garantido assim uma maior fluidez durante as trocas de contextos (diversas características atômicas e relações) existentes em um diálogo tutorial.

- “Resumir, sob um único ângulo, a apresentação breve de várias anomalias interrelacionadas”. Com este módulo é possível interpretar e criticar frases que contenham referências para várias anomalias, como também possibilitar que o tutor guie o aprendiz para expressar tais anomalias em uma só resposta como ocorre em laudos radiológicos reais. Com isso, tendemos a obter um diálogo com um enfoque maior na sua brevidade.

Com a utilização do módulo Socrático também é possível construir um planejamento de diálogo mais adequado ao ensino de conceitos visuais. No sistema RUI (conforme dito anteriormente no Capítulo 1) o diálogo é conduzido pela ferramenta de ensino através do GTM (*Guided Tutorial Mode*). O GTM é uma interface ativa, onde o estudante adquire o conhecimento pericial, fazendo uso de seus princípios conceituais para tornar o diálogo mais completo e preciso. Tal diálogo é guiado apenas pelo agendamento de características anormais, as quais devem ser discutidas durante o ensino de caso de uma determinada imagem. Estas características anormais em conjunto com o modelo do estudante (Seção 5.2.1) vão determinar a evolução planejada do diálogo durante o processo de aprendizagem.

Com a utilização de um diálogo guiado não só por características anormais, mas também por relações lógicas entre objetos do domínio devidamente agendadas, é possível criar um planejamento de diálogo mais adequado ao desenvolvimento da perícia de reconhecimento de conceitos visuais. Isto pode ser constatado pela necessidade

de ensinar relações lógicas a estudantes de radiologia, pois entender tais relações é primordial para o desenvolvimento da consistência de conhecimento simbólico (PIMENTEL e DIRENE, 97). Além disto, através de tal funcionalidade, podemos garantir não só a maior fluidez do diálogo (conforme citado anteriormente), como também uma maior coerência global durante o seu desenvolvimento. Através de um dialogo agendado por relações lógicas, é possível determinar de forma mais precisa a seqüência correta de tópicos a serem abordados, bem como expor explicitamente o relacionamento entre estes.

A funcionalidade de conduzir um diálogo agendado por relações lógicas em conjunto com as características de um dialogo Sócrático pode dar suporte a um relacionamento mais colaborativo entre o tutor e o estudante, que em muitos casos é mais adequado ao ensino de perícias (AIELLO e MICARELLI, 1993) (ver Capítulo 2). Isto é possível com a utilização do interpretador Sócrático em conjunto com o fato do tutor encarar o aprendiz como um pesquisador que trabalha com hipóteses sobre elementos da imagem e que pode ser conduzido a descobertas de relações lógicas entre os objetos do domínio. Estas descobertas são freqüentemente induzidas pelo tutor durante o diálogo Sócrático através do agendamento de relações lógicas a serem compreendidas pelo aluno.

5.2 ENRIQUECIMENTO DA MODELAGEM DO APRENDIZ

Um outro avanço promovido através da utilização deste módulo refere-se ao conhecimento que o tutor possui sobre o estudante. Com o módulo Sócrático podemos avançar de um modelo de aprendiz que utiliza puramente a técnica de superposição (GOLDSTEIN, 1982) para um modelo híbrido mais preciso sobre o conhecimento do estudante, combinando esta técnica com mecanismos de raciocínio lógico. Tais avanços

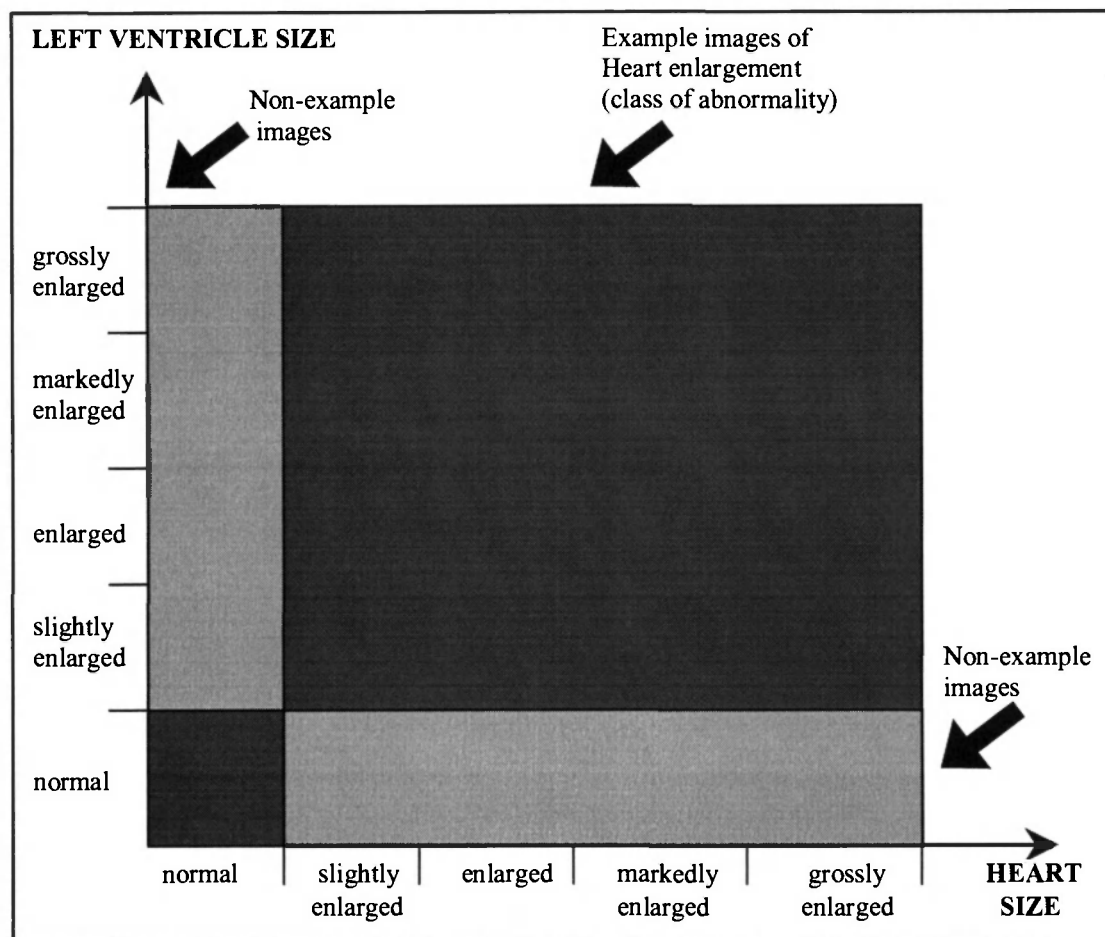
incidem tanto na modelagem de curto prazo como também na modelagem de longo prazo.

5.2.1 MODELAGEM DE CURTO PRAZO

Estas melhorias, como dito anteriormente na seção 5.1, aumentam a capacidade do sistema tutor para conduzir o processo de aprendizagem, sendo este guiado não só pela aquisição de conceitos sobre características anatômicas, mas também pelas relações lógicas existentes entre estas. Através da elaboração de um modelo do estudante de curto prazo que contém informações sobre as reações do aprendiz perante as diversas relações lógicas agendadas, é possível adaptar a abordagem do sistema tutor para cada nível de competência do aprendiz em relação à imagem discutida. Para tanto o módulo Sócrático oferece meios para ser produzido o modelo do aprendiz, o qual pode conter de forma detalhada o comportamento do estudante perante as várias relações lógicas discutidas durante o diálogo.

Tal modelo permite um monitoramento mais preciso da consistência de conhecimento simbólico de um aprendiz no curto prazo. Isto torna possível modelar de forma mais adequada o seu conhecimento sobre as fronteiras do domínio de valores de características anatômicas envolvidas por meio da anomalia em questão (requer a representação explícita de relações lógicas). A figura 5.1 contém uma visão bidimensional do domínio de duas características relacionadas por meio da anomalia de “cardiomegalia” : o tamanho de coração e o tamanho do ventrículo direito. Nesta figura o espaço assinalado na cor cinza escuro representa valores reais de imagens, já a área assinada em cinza claro representa valores não existentes na prática, sendo esta figura descrita pela seguinte relação lógica: $\text{Forall } _X, _Y, _W, _Z (\text{left_ventricle } (_X) \ \& \ \text{size}(_X, _Y) \ \& \ (_Y \neq \text{'normal'}) \rightarrow \text{heart } (_W) \ \& \ \text{size} (_W, _Z) \ \& \ (_Z \neq \text{'normal'}))$.

FIGURA 5.1 – VISÃO BIDIMENSIONAL DO DOMÍNIO DE VALORES DE DUAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS RELACIONADAS (DIRENE, 1993b)



Para compor o modelo de curto prazo as relações escritas pelo aprendiz devem ser classificadas como corretas, imprecisas e incorretas. No caso de relações imprecisas é possível extrair do módulo sócrático o grau de imprecisão e também indicativos que podem sugerir o motivo que levou o estudante a cometer tal desvio. Como exemplo, suponha que a seguinte frase seja dita pelo aluno “The size of the heart is slightly enlarged because the cardiothoracic ratio of the heart is 0.65” e a base de conhecimento em questão contém “Whenever the cardiothoracic ratio of the heart is more equal than 0.6 and is less than 0.7, the size of the heart is moderately enlarged and vice-versa.”. O módulo sócrático então é capaz de detectar o grau de imprecisão da frase

do aluno, neste caso de apenas um valor na escala ordenada de valores da característica, pois *slightly enlarged* e *moderately enlarged* são valores próximos nesta escala de valores e também é possível detectar o motivo que levou o aluno a cometer tal erro: “não conhecer as faixas de valores da fração torácica em relação ao tamanho do coração”.

5.2.2 MODELAGEM DE LONGO PRAZO

A modelagem de longo prazo refere-se ao conhecimento que o tutor possui sobre o aprendiz durante todo o processo de aquisição da perícia e não durante uma só aula. Ou seja, é a capacidade de melhorar a identificação e acompanhamento do aprendiz ao longo de anos de especialização (CURY, 1998, PIMENTEL e DIRENE, 1998b). Com a utilização de tal conhecimento é possível classificar o aprendiz através de estereótipos.

Estereótipos de aprendizes são basicamente uma forma de categorização dos alunos. Estes são classificados de acordo com determinadas características que possuem e a partir disto podemos dizer se um usuário pertence ou não a um grupo de indivíduos que se enquadram no estereótipo. Com esta representação é possível para um sistema tirar algumas conclusões sobre o aprendiz.

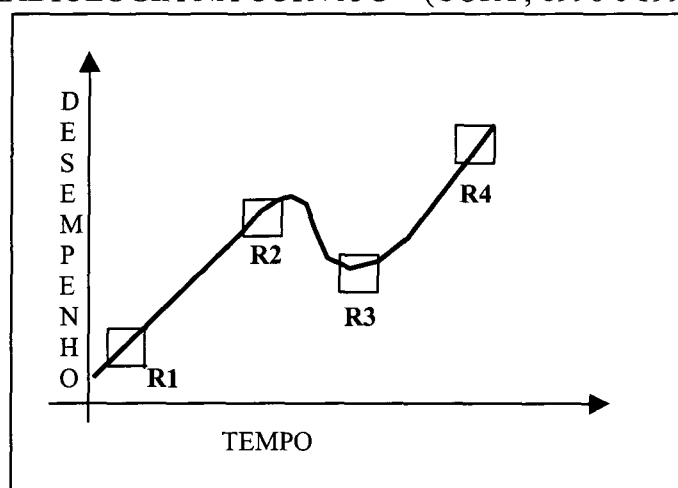
Em CURY (1996) são apresentados modelos de estereótipos para as diversas fases da residência em radiologia médica. Os residentes de radiologia podem ser classificados primeiramente de acordo com o ano em que este se encontram, ou seja do primeiro ano (R1) até o quarto ano (R4). Porém uma classificação mais detalhada pode ser realizada através de uma hierarquia completa de subclassificações.

Para CURY (1996 e 1998) os estereótipos dos aprendizes estão localizados sobre a curva U do aprendizado, apresentada na figura 5.2. Esta curva relaciona o

aprendizado e o tempo por meio do desempenho na solução de problemas. Segundo Lesgold (LESGOLD e outro, 1989) a aquisição de perícia em radiologia médica não acontece de forma totalmente linear. Nos dois primeiros anos, para residentes um e dois, podemos considerar que o crescimento da capacidade de diagnóstico dos residentes é constante. Então a partir disto ocorre uma redução considerável neste crescimento, isto é explicado por Lesgold (LESGOLD e outros, 1989) usando a teoria do *Pandemonium* (SELFRIDGES, 1959).

A redução do crescimento é indicada no gráfico aprendizado/tempo (figura 5.2) pelo formato em “u” da curva de aprendizado. De forma reduzida podemos dizer que esta queda no desempenho do estudante em realizar determinados tipos de tarefas dentro da perícia, ocorre durante o estágio da compilação de conhecimento. Isto deve-se ao fato de que durante este estágio apenas pequenas peças de um procedimento complexo encontra-se na forma automatizada, e também a seqüência para formar um procedimento complexo não está totalmente construída. Por este fato, entre outros, os estudantes intermediários (R2 para R3 em radiologia) sofrem uma queda no desempenho em relação ao estágio anterior, no qual ele realiza a tarefa através da utilização do conhecimento na forma declarativa.

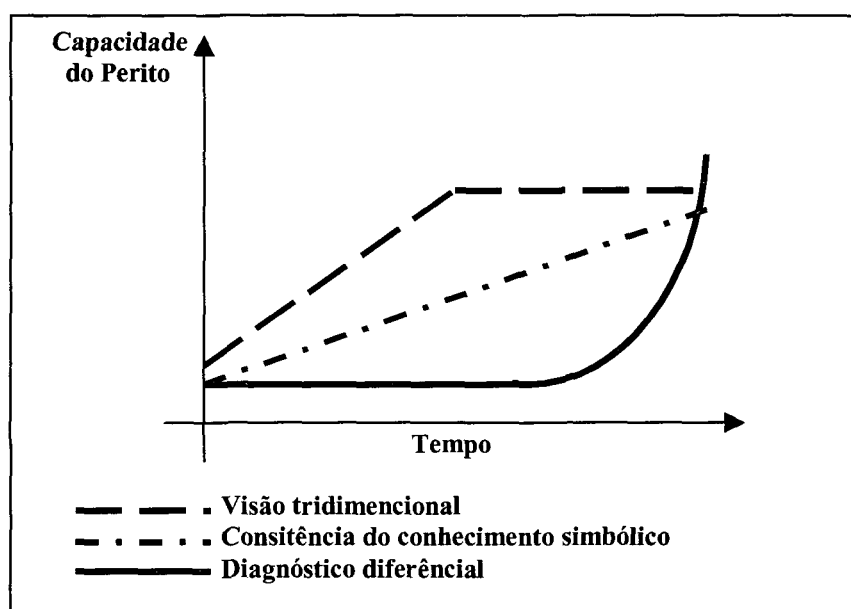
FIGURA 5.2 – A DISTRIBUIÇÃO DE ESTEREÓTIPOS DE RESIDENTES DE RADIOLOGIA NA CURVA U (CURY, 1996 e 1998)



Com tais funcionalidades tornou-se possível armazenar neste modelo, dados mais precisos sobre a consistência de conhecimento simbólico, que é um dos principais componentes de um estereótipo de aprendiz na perícia radiológica. A figura 5.3 apresenta o desenvolvimento das três principais capacidades do aprendiz no decorrer do tempo de aprendizagem. Nesta figura podemos notar que a consistência de conhecimento simbólico tem um comportamento linear ascendente até o final do curso, a visão tridimensional tem o comportamento ascendente até a metade do curso a partir disto compara-se como uma constante. Já o diagnóstico diferencial começa como uma constante pequena e a partir da metade assume um crescimento quadrático.

FIGURA 5.3 – CAPACIDADE DO PERITO EM FUNÇÃO DO TEMPO

(PIMENTEL, 1996)



Com a utilização do módulo Sócrático o tutor é capaz de construir um modelo de longo prazo que contem dados sobre o comportamento do aprendiz perante as diferentes relações lógicas agendadas pelo tutor. Tal comportamento constitui uma das

principais variáveis para modelar a consistência de conhecimento simbólico. Em consequência do enriquecimento da modelagem da consistência de conhecimento simbólico é possível classificar melhor o aluno ao longo de anos durante o processo de aquisição da perícia, através da diferenciação detalhada entre estereótipos de aprendizes. Utilizado-se desta classificação podemos diferenciar o comportamento do tutor perante o aprendiz e em consequência disto aprimorar o processo de ensino.

5.3 LIMITAÇÕES

Entre as limitações do módulo socrático podemos citar duas principais que influenciam diretamente no desenvolvimento da aprendizagem: (1) o não tratamento de relações explícitas em frases do aprendiz que contenham um certo grau de “incerteza” associado a elas e (2) não permitir que o aluno realize perguntas sobre elementos visuais ou sobre relacionamentos entre objetos do domínio e perguntas que contenham hipóteses levantadas ao tutor.

5.3.1 INCERTEZAS LÓGICAS

Apesar dos avanços apresentados, o sistema ainda não é capaz de tratar incertezas lógicas explícitas em frases do aprendiz. Atualmente, o módulo Sócrates apenas trata incertezas pedagógicas. Ou seja, ele somente é capaz de interpretar imprecisões cometidas pelo aprendiz quando este referencia explicitamente uma relação lógica. O módulo Socrático portanto não trata frases que contenham elementos lógicos que modelem relacionamentos não booleanos. Como exemplo, podem ser citados relacionamentos baseados em fatores que resultam em um certo grau de probabilidade associado a existência da relação.

Frases como as apresentadas a seguir não são possíveis de serem tratadas através deste mecanismo lógico. Suponha que o tutor pergunte a seguinte frase ao aprendiz: “É comum um processo neoplásico apagar as linhas de gordura?”. O aluno então responde: “É mais comum um processo inflamatório fazer isso mas um tumoral também pode fazer”. Para tanto seria necessário aplicar a este contexto mecanismos lógicos mais avançados do que lógica clássica de primeira ordem, capazes de lidar com incertezas e probabilidades.

Isto levaria a um estudo detalhado não só sob o ângulo de construção de *shells* mas também sobre quais mecanismos deveriam existir para possibilitar o processo de autoria de elementos correspondentes do domínio. Tais mecanismos de autoria devem ser construídos visando minimizar o esforço adicional necessário para o autor modelar estas novas relações. A modelagem do conhecimento capaz de expressar probabilidades e incertezas lógicas muitas vezes pode ser uma tarefa complexa. Tal modelagem pode exigir uma linguagem de autoria mais elaborada, como também a descrição de elementos subjetivos (para tratar incertezas) e de probabilidades que exigem do autor um estudo estatístico detalhado sobre o problema em questão.

Os mecanismos lógicos necessários para implementar uma *shell* capaz de lidar com incertezas lógicas são mais complexos do que o apresentado na seção 4.2. Além disso estes algoritmos não foram tão explorados (fundamentados) quanto os algoritmos tradicionais aplicados à lógica clássica de primeira ordem. Portanto é necessário avaliar meios para produzir uma *shell* que tenha um alto grau de confiabilidade na elaboração de suas críticas e um tempo de resposta adequado ao desenvolvimento da aprendizagem.

5.3.2 PERGUNTAS DO APRENDIZ AO TUTOR

Uma outra limitação do módulo socrático, que influencia diretamente o processo de aprendizagem, está na falta de capacidade de interpretar e responder perguntas realizadas pelo aluno. Isto permitiria uma enorme flexibilidade na extração de conhecimento do tutor a partir da curiosidade do aluno, uma vez que esta funcionalidade possibilita que o aprendiz realize perguntas para o tutor em casos de dúvidas, relações descobertas ou não e suposições realizadas.

Dentro do contexto deste trabalho, podemos subdividir as perguntas realizadas pelo aluno ao tutor em três classes principais: (1) perguntas que referenciam conjuntos de partes anatômicas (P), características visuais (C) e valores sobre estas características (V), (2) perguntas sobre relações lógicas entre os vários conjuntos de P,C e V e (3) questões hipotéticas (explícitas ou implícitas) apresentadas pelo aprendiz. A interpretação de tais perguntas hipotéticas, permite ao sistema tutor levar em consideração variações das características de uma imagem específica sendo enfocada no diálogo, assim como as implicações de tais variações do ponto de vista da prática clínica.

A figura 5.4 exibe exemplos de perguntas que um aluno poderia fazer ao tutor. Nesta figura podemos notar que a primeira classe de perguntas consistiria predominantemente de dúvidas do aprendiz a respeito de conceitos ligados à imagem. Já a segunda classe de perguntas envolve mais do que um conjunto de P,C e V, sendo estes referenciados de forma explícita ou implícita na frase do aprendiz por meio de relações. Perguntas hipotéticas (terceira classe) em alguns casos requerem respostas que dependem apenas do conhecimento restrito ao sub-domínio de uma anomalia. Em outros casos dependem até mesmo do conhecimento de várias anomalias, descrições da anatomia e princípios da radiologia.

FIGURA 5.4 – EXEMPLO DE PERGUNTAS DO APRENDIZ PARA O TUTOR

<p>1ª CLASSE - PERGUNTAS SOBRE ELEMENTOS VISUAIS (P,C e V)</p> <p>1 - What range of values are possible for calcified aortas ?</p> <p>2 - Is this a case of heart enlargement ?</p> <p>3 - What parts of the aorta are calcified ?</p> <p>4 - Which parts show signs of calcification ?</p> <p>5 - Which parts are calcified ?</p> <p>6 - Which parts of the aorta are calcified ?</p> <p>7 - What is the size of the heart?</p> <p>8 - In what way is the aorta affected ?</p> <p>9 - What abnormal features are found in the aorta?</p>
<p>2ª CLASSE - PERGUNTAS SOBRE RELACIONAMENTOS ENTRE ELEMENTOS VISUAIS</p> <p>1 . Why is this a case of heart enlargement?</p> <p>2. What makes this a case of heart enlargement?</p> <p>3. What happened to the aortic arch?</p> <p>4. Why is the aorta calcified ?</p> <p>5. Is the heart enlarged because the left ventricle is enlarged ?</p> <p>6. Is the left ventricle enlarged because the heart is enlarged ?</p> <p>7. Is the heart is markedly enlarged because the left ventricle is markedly enlarged ?</p>
<p>3ª CLASSE - PERGUNTAS HIPOTÉTICAS</p> <p>1 - In what ways can the aorta be affected in cases of heart enlargement?</p> <p>2 - What would happen if the right atrium were NOT enlarged ?</p> <p>3 – Would the cerebral white matter be affected by a small lesion of type meningioma ?</p>

RESUMO

Este capítulo consiste de uma discussão sobre os principais avanços obtidos a partir do módulo socrático e também quais são as suas principais limitações. São apresentadas de forma crítica como tais melhorias afetam duas partes da ferramenta: (1) a interface tutorial, a qual passou a ter um maior potencial de instrução a partir do agendamento do diálogo não só por anomalias mas também por relações lógicas e (2) o modelo do estudante, passou a oferecer um maior potencial de representação tanto na

modelagem de curto prazo como na de longo prazo. Neste capítulo também são discutidas as duas principais limitações do módulo Sócrático: (1) o tratamento de incertezas lógicas e (2) a capacidade de entender perguntas direcionadas pelo aprendiz para o tutor.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho visou suprir a necessidade de construir *Shell's* que sejam capazes de interpretar e criticar relações lógicas entre objetos do domínio. Em sistemas tutores direcionados ao ensino de determinadas perícias, tais como conceitos visuais para a radiologia médica, esta necessidade é ainda mais evidente. Isto ocorre pois é fundamental para estas perícias que o aluno compreenda e articule relações lógicas entre objetos do domínio, sendo também importante a capacidade do tutor armazenar um modelo do estudante que contenha informações mais detalhadas sobre a consistência de conhecimento simbólico do usuário.

Entretanto, para obter tais funcionalidades foi necessário criar experimentos e técnicas ainda inexploradas. Para sua implementação foi desenvolvido um módulo tutor inteligente denominado SÓCRATES. Este módulo foi dividido em três partes: (1) interpretador pedagógico, (2) representação do conhecimento e (3) interpretação lógica.

Para construir o interpretador pedagógico primeiramente foi desenvolvido um fundamento cognitivo através da análise de diálogos entre tutores humanos de radiologia e médicos em programa de residência. A partir de tal análise foi possível identificar invariantes nestes diálogos, as quais serviram para constatar alguns parâmetros utilizados na interpretação pedagógica. Estes parâmetros foram aplicados nas três principais funcionalidades do interpretador pedagógico: (1) o casamento de relações lógicas contidas na frase do aluno com as relações existentes na base de conhecimento, (2) a distinção de erros e imprecisões e (3) a elaboração de críticas.

Para a manipulação correta do conhecimento pelo módulo Sócrates, foi criada uma representação baseada em lógica clássica de predicados de primeira ordem, assim como foram desenvolvidos meios para mapear a representação produzida durante a fase

de autoria no sistema RUI para esta representação. Durante a construção do interpretador pedagógico foi necessário desenvolver um interpretador de fórmulas lógicas para funcionar de maneira combinada. Através deste interpretador de fórmulas lógicas, foi possível realizar manipulações entre as representações da base de conhecimento do sistema RUI (traduzida para fórmulas lógicas) e a representação da frase do aprendiz.

6.1 CONTRIBUIÇÕES

Com a construção deste interpretador socrático, foi possível obter melhorias significativas no processo de condução de diálogos, melhorias estas que incidem principalmente sobre a interface tutorial e o modelo do estudante. Tais refinamentos permitem também um melhor aproveitamento do conhecimento pedagógico contido nas bases dos STIs criados a partir da ferramenta de autoria RUI. Sendo assim, o mecanismo de diálogo Socrático pode ser expandido para STIs e *Shells* de outros domínios de perícias (até mesmo para perícias não relacionadas a conceitos visuais), através de uma reavaliação dos parâmetros cognitivos/pedagógicos a serem considerados.

Com a utilização de um módulo capaz de entender relações lógicas explicitamente citadas, o tutor pode realizar uma modelagem mais precisa de conteúdos de respostas do aprendiz, assim como a modelagem do grau de competência/perícia do referido aprendiz. Com isto é possível classificar melhor o estudante durante o processo de aquisição da perícia, através da diferenciação detalhada entre estereótipos de aprendizes (CURY e outros, 97) de acordo com o conhecimento que o estudante possui sobre o domínio. Isto é possível pois o sistema pode armazenar no modelo do estudante

dados mais precisos sobre a “consistência de conhecimento simbólico”, que é um dos principais componentes da perícia radiológica.

Através do estudo cognitivo realizado foi possível notar a abundante presença de relações lógicas entre objetos do domínio em diferentes contextos de diálogo, de acordo com o nível de perícia em que o usuário se encontra. Com a utilização do interpretador Sócrático o tutor pode compreender e criticar estas relações lógicas explícitas em diálogos tutoriais, conduzindo assim diálogos mais adequados ao desenvolvimento da perícia. A ampliação do potencial pedagógico da ferramenta de ensino, que antes era capaz de planejar diálogos apenas com base em anomalias isoladas, com a incorporação deste módulo passa também contar com a possibilidade de planejar diálogos com base em relações entre anomalias. Além disso, através de críticas adequadas, o tutor poderá encorajar o aprendiz a escrever sobre relações entre objetos do domínio, aumentando assim, além da sua capacidade de reconhecer imagens, a capacidade de escrever laudos radiológicos cada vez mais detalhados e complexos, no decorrer da aprendizagem.

Tal módulo permite a criação de uma plataforma para a simulação de relações hipotéticas, uma vez que podemos reutilizar para isto os mecanismo de casamento de relações lógicas (e técnicas de inferências implementadas), a representação de conhecimento e interpretador lógico. Através de tais mecanismos é possível construir uma plataforma para que, a partir de hipóteses assumidas pelo aprendiz, o tutor possa simular quais são as implicações na base de conhecimento, sendo estas tais implicações computadas em função das relações lógicas existentes na base.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalho futuro estamos expandindo este mecanismo para reconhecer questões hipotéticas (explícitas ou implícitas) apresentadas pelo aprendiz. Consideramos como questão hipotética, qualquer pergunta realizada pelo aluno que implica em adições de “fatos” (hipotéticos) na base de conhecimento e também na simulação de quais alterações este novo fato implicaria em uma imagem específica ou em um conjunto de imagem sobre uma ou mais anomalias. Estes “fatos” adicionados à base de conhecimento podem ser desde alterações em valores (V) de uma determinada característica visual (C) até a suposição da presença de novas anomalias em uma ou mais imagens.

A figura 5.4, conforme visto anteriormente, exhibe exemplos de tipos de perguntas que o aluno pode realizar ao tutor e entre estes tipos temos as perguntas hipotéticas. Nesta mesma figura podemos notar que, na primeira pergunta hipotética, o aluno não se refere a uma imagem específica, o que resulta em uma simulação baseada somente nas relações lógicas existentes na classe de anomalia em questão. Neste caso devemos considerar não só as relações aplicadas diretamente ao tamanho do coração, mas também todas as relações “encadeadas” que seriam influenciadas por este novo fato suposto na frase do aprendiz. Já na segunda pergunta hipotética o aluno se refere a uma variação de valor (V) sobre uma característica (C) de uma imagem específica que está sendo enfocada no momento do diálogo. Neste caso devemos considerar não só as relações “encadeadas” a partir da aurícula direita, mas também que valores (V) seriam alterados na imagem a partir da aplicação desta nova hipótese.

Entretanto para a expansão da capacidade do sistema para interpretar perguntas hipotéticas não basta somente construirmos mecanismos de simulação sobre novas hipóteses. Para incluir esta nova funcionalidade deve ser realizado um estudo

cognitivo visando construir uma base cognitiva para o tratamento de perguntas hipotéticas. Este estudo pode ser realizado de forma análoga ao descrito neste trabalho, ou seja pela análise de transcrições de diálogos que resultam em parâmetros para a interpretação pedagógica.

Estes parâmetros em conjunto com resultados de simulações formam o conjunto de dados necessários para que o interpretador pedagógico elabore críticas/respostas adequadas às perguntas hipotéticas realizadas pelo aprendiz. Tais críticas podem ser construídas pelo tutor em dois passos: (1) comentários simbólicos/textuais de forma genérica no plano da anomalia, (2) apresentação de imagens de exemplos adequados em conformidade com estes comentários, para ilustrar visualmente a idéia.

ANEXO 1 – EXEMPLO DE RELAÇÕES LÓGICAS EM UMA TRANSCRIÇÃO DE UM CASO

Observações:

- **Este diálogo foi transcrito de forma integral da linguagem falada para a escrita**
- **Os trechos de diálogos que contém as relações lógicas mais evidentes estão destacados em negrito**
- **Esta transcrição foi realizada por CURY (1996), com a colaboração da Escola Paulista de Medicina**
- **O aprendiz encontra-se no primeiro ano de residência**

T: Você vai me dizer que tipo de exame, esse, qual a incidência, a localização e se ele está tecnicamente adequado.
 A: É uma radiografia de membro inferior pegando ...
 T: Qual membro inferior?
 A: Aqui tem um membro inferior, tem uma incidência que mostra membro de perfil e a outra incidência mostra ambos os membro.
 T: E essa que mostra o membro de perfil, que membro é?
 A: Seria a de membro inferior direito.
T: Quais os parâmetros que você usa para saber que é o membro inferior direito?
****A: Bom, nesse caso, um dos parâmetros técnicos é que a etiqueta sempre esteja à direita do paciente.**
T: Tem algum jeito mais fácil de você me dizer isso?
****A: Em relação à anatomia, eu posso dizer o seguinte: que a fíbula fica mais lateral e a tíbia medial.**
 T: Se a etiqueta estiver à direita e for o membro inferior direito, a fíbula vai estar pra onde?
 A: Se a etiqueta estiver à direita e a fíbula estiver à direita, em relação ao examinador, você fala?
 T: Não, em relação à chapa.
 A: Aqui é o membro inferior direito.
T: Tá. Porque a fíbula está à direita e a etiqueta está à direita. E se a fíbula estivesse à esquerda e a etiqueta à direita?
****A: Ai isso poderia ter sido invertido ou melhor dizendo, a fíbula ... seria o membro inferior esquerdo.**
 T: Então já chegamos à conclusão que é um raio-x de ...?
 A: De membro inferior direito.
 T: Certo. E que local do membro inferior ...
 A: Pegando a articulação do joelho, fêmur ...
 T: Deixa eu te interromper. Se você tivesse que dizer "esta radiografia é de tal lugar". Este tal lugar seria um membro inferior direito, você tem partes do membro inferior. Quais são elas?
 A: Bom ..
 T: Aliás, não são três ... são ...
 A: Se você fosse ver o membro inferior, você teria coxa, a perna e o pé!
 T: A coxa, a perna, o pé e as articulações. Então estes são os componentes. Eu quero que você utilize um nome tipo "este raio-x é de tal coisa".
 A: Se eu fosse colocar assim, seria raio-x de joelho e perna direita.
 T: Não, eu quero um nome.
 A: Raio-x de perna direita.
 T: Quais são os componentes, dentro do raio-x, pra você dizer "este é um raio-x da coxa"?
 A: Bom, deveria ter predominantemente o fêmur nesse raio-x.
 T: E pra você ter certeza que todo o fêmur está ...
 A: Eu teria que ver o fêmur, a cabeça femural.
T: Então pra você ter certeza que é o fêmur, o que você precisa ter dentro da radiografia?
****A: Olha, precisa estar desde a cabeça femural até o fêmur distal pelo menos.**
 T: Tem um conceito que diz o seguinte: toda radiografia de membro tem de ter as articulações distal e proximal, entendeu? Então se você tivesse a articulação coxa-femural e o joelho, você com certeza poderia dizer tratar-se de uma radiografia da coxa. Se você não vê as articulações distal e proximal da estrutura que você vai analisar, então você só tem a radiografia da articulação. Agora, olhando de novo esta chapa, você tem radiografia de que?
 A: Neste caso seria radiografia de perna bilateral. No outro caso seria radiografia só do joelho.
 T: OK. Então, eu te pedi pra me falar da incidência. Você já disse que é joelho de membro inferior esquerdo e aparece raio-x de perna direita. Em termos de incidência, quais foram utilizadas?
 A: Aqui tem duas incidências. ----- e de perfil. Na outra você tem o ----.
 T: Qual a importância de você usar mais de duas incidências?
 A: Pra você localizar a lesão a três dimensões, isto é, pra você saber se essa lesão está situada posteriormente, anteriormente ou lateralmente.
T: Isso porque o raio-x não te dá uma informação tridimensional, mas bidimensional. Então a gente teria duas incidências, como você já falou, porque é importante ter uma visão tridimensional pra localização de possíveis alterações. Bom. Quais as principais estruturas anatómicas que você está vendo?
****A: Eu tô vendo o fêmur distal. É ... um osso de um garoto jovem porque você vê ...**
 T: Você falou garoto?

A: Bom, pode ser garota também.

T: Então você não consegue distinguir o sexo pela radiografia?

A: Não. Pela radiografia, posso chutar que é um jovem, no caso uma criança, um pré-adolescente melhor dizendo. Eu vejo o fêmur distal. Eu vejo a tíbia, eu vejo bem a epífise da tíbia que parece não estar lesada, a metáfise e a diáfise distal estão deformadas, o terço médio e parte do terço distal da diáfise estão aparentemente preservados. A fibula está aparentemente preservada até seu terço médio/distal.

T: Então, e a idade? Quero um número?

A: Entre 8 e 12 anos ou menos.

T: Além da — o que mais você avaliou pra saber a idade?

****A: O tamanho dos ossos.**

T: O importante é isso. Esta criança tem 13 anos. Qual é seu sexo?

A: Bom, eu acho que não posso informar isso ..

T: Na análise da chapa em geral, não tem nenhuma informação sobre o sexo?

A: Em outros locais você tem essa informação.

T: Mas eu quero nesta chapa. Você pode me informar se tem alguma informação sobre o sexo?

A: Acho que não ...

T: Quando você analisa uma radiografia, você deve extrair todas as informações que você puder. Se você não conseguir alguma informação das estruturas ósseas, você tem que tentar obtê-la de algum outro lugar na radiografia. O sexo, neste caso, você pode obtê-lo da etiqueta que te dá o nome do paciente. Como é Andréia você pode inferir o sexo, né?

A: Puxa!!!!

T: Isto se chama malícia, cara. Bom, então é um paciente do sexo feminino com 13 anos de idade. Vamos agora analisar o músculo esquelético. Que parâmetros você usa pra isso?

A: Você tem que analisar as partes moles, textura do osso, como está a estrutura do osso, o eixo da articulação, você tem que observar alguma calcificação extraóssea, uma linha de fratura qualquer que possa indicar trauma, nesse caso como está em geral ...

T: Como, em geral, você começa a análise de músculo esquelético?

A: De fora pra dentro.

T: Certo. Então vamos começar com partes moles. Ai a gente tem vários parâmetros para analisar e discutir: a textura do osso, a integridade ou a estrutura do osso, qualquer alteração óssea que incluiriam as fraturas, lesões, etc. E, por último, a articulação e calcificações patológicas, quer dizer, calcificações anormais, certo? Porque o osso é uma estrutura calcificada. Então tomando-se em conta esses parâmetros, você vai analisar esse raio-x pra mim, seguindo essa sequência.

A: Bom, sobre as partes moles ...

T: Antes de olhar a chapa, você vai me dizer o que você procura em partes moles?

A: Eu procuro por alguma alteração de densidade, se essas partes moles estão alteradas em relação ao outro membro ...

T: Se você não tivesse o outro membro?

****A: Poderia dizer em relação ao que você acha que é normal. Então se você uma região lá no meio do fêmur e vê as partes moles um pouco aumentadas, você pode dizer que há alteração.**

T: O aumento das partes moles você pode dizer por aquilo que você já viu, pelo volume normal de partes moles que você já viu, se você tem o outro membro você pode comparar. Se você não tem nenhum outro parâmetro, se você só tem aquele membro, então você pode analisar por comparação com outras regiões. Você sabe que a região da panturrilha é um pouquinho maior do que a região do tornozelo. Só que, se houver uma desproporção muito grande, você também pode dizer se tem ou não aumento de partes moles. Por que é importante analisar aumento de partes moles?

****A: Pra definir se existe tumoração de partes moles associada a processos inflamatórios, formação de edema que também altera as partes moles, pode ter alguma presença de alguma massa, como na gota ...**

T: Bom, então é importante analisar partes moles porque o aumento delas, por exemplo, pode ser um sinal indireto de alguma coisa anormal e que ajuda a levar a um diagnóstico. Que outra coisa você analisa em partes moles? Você falou em aumento. E a densidade?

A: Ela também pode estar aumentada, às vezes sem aumentar as partes moles ...

T: Isto pode significar o que?

A: Líquido articular, derrame articular ...

T: Que outra coisa você vai ver nas partes moles?

A: Outra coisa que eu vou ver em partes moles é a calcificação patológica das partes moles, por exemplo...

T: É normal ter calcificação em partes moles?

A: Às vezes você pode ter calcificações normais. Por exemplo, flebolito, a calcificação vascular. Dependendo da idade do doente, você pode considerar que essas calcificações sejam normais, mas existem calcificações não tão normais assim.

T: Certo. Outro ponto pra analisar em partes moles?

A: Seriam as linhas anatômicas. Existem linhas que poderiam ...

T: O que compõe essas linhas?

A: Às vezes por gordura.

T: Sim. Elas apareceriam com que intensidade no raio-x ?

A: Seriam linhas mais escuras.

T: Sim. Linhas pretas, aparecendo entre as partes moles.

****A: A gente tem que ver os trajetos dessas linhas. Elas podem estar afastadas ou apagadas em um processo inflamatório ou edema ou, às vezes elas podem estar afastadas do plano ósseo pela presença de um derrame, por exemplo.**

T: Um tumor geralmente afasta ou apaga a linha de gordura?

A: Eu acho que um tumor tende a afastar.

T: Certo. Já um processo inflamatório tende a apagar as linhas de gordura. A gente já falou conceitualmente das partes moles. E neste caso?

A: Neste caso, eu acho que está normal. Pelo menos o que estou vendo em ---- não está alterado.

T: Em relação ao membro contralateral?

A: Em relação ao membro contralateral, eu não consigo definir nenhum aumento de partes moles. Inclusive, me parece que o membro que considero sadio está com densidade até um pouco maior do que a do membro afetado.

T: Isto pode informar diferença de que?

A: Simplesmente de técnica de exame.

T: Certo. Vamos agora para textura óssea.

****A:** Esse membro afetado pode estar diminuído ou também ... só que agora, observando as partes moles, ele pode estar diminuído pela técnica também.

T: Quando você fala em diminuição da textura óssea, qual o termo técnico para isso?

A: Osteopenia.

T: Que parâmetros você considera para dizer que o osso está osteopênico?

****A:** Tem que ver a densidade do osso. Se ela está diminuída, o osso pode estar mais escuro. Também outra coisa é o trabeculado do osso se ele fica mais evidente.

T: Certo. Tem algum outro parâmetro?

****A:** Em relação a osteopenia, a cortical tende a diminuir.

T: Se você for analisar esta chapa, mesmo com diferenças técnicas, o que aconteceu com a cortical?

****A:** A cortical está mais fina. Então eu posso dizer que tem osteopenia.

T: É importante diferenciar a osteopenia localizada da difusa?

****A:** É importante porque, por exemplo, tem doenças que dão só osteopenia localizada, tipo aquela causalgia que você vai ter osteopenia localizada. Tem doenças sistêmicas que causam osteopenia sistêmica, tipo uma — crônica que é uma doença sistêmica que vai afetar toda a estrutura óssea de forma global ...

T: Então este conhecimento mudaria seu diagnóstico?

A: Sim.

T: Neste caso, você acha que tem uma osteopenia localizada?

A: Sim.

T: Você acha que esta osteopenia localizada se encaixaria dentro do que você disse?

A: Ai é que não sei.

T: A causa da osteopenia que você me disse na causalgia ...

A: É uma lesão neural basicamente.

T: Tem falta de ligação?

A: Acho que não.

T: Então por que você acha que tem osteopenia?

A: É a necessidade do osso de que você tenha estímulo para o processo de modelagem do osso. No caso da causalgia, você tem lesão neural e, nesse caso, o estímulo é perdido. Neste caso, eu poderia dizer que é somente uma infecção. Por exemplo, às vezes você pode ter osteomielite com osteopenia ou simplesmente por desuso.

T: Em relação à articulação e ao fêmur?

A: O fêmur também está osteopênico.

T: Então você tem uma osteopenia do membro inferior?

****A:** Neste caso, de repente, ele tem uma doença tipo osteomielite. Ou ele teve uma fratura mal consolidada ou ele tem um tumor ósseo e neste caso a imobilidade pela dor impede que ...

T: Ai você encaixaria este caso em outro grupo, o grupo da imobilização. Então o paciente não tem — nem —, não tem nenhuma doença sistêmica mas ele não move o membro por causa da dor. O estímulo da mobilização é importante para a mineralização do osso. Certo?

A: Sim.

T: Bom. Nós avaliamos a textura. Nós estamos de acordo que a textura está diminuída em todo o membro inferior, pelo menos na parte que conseguimos enxergar. Agora vamos analisá-lo em relação à integridade. Descreva pra mim o que acontece.

A: Ele teve uma lesão heterogênea com áreas de esclerose e outras líticas.

T: O que predomina?

A: Predomínio de lesões líticas.

T: É importante saber o que predomina?

****A:** É importante porque quando determinadas lesões mudam inteiramente a direção do diagnóstico. Por exemplo, uma lesão predominantemente lítica fala para tumores. Há tumores que dão metástases predominantemente blásticas.

T: Qual o seu conceito de lítico e blástico?

****A:** Lítico seria mais escuro, quer dizer, seria ...

T: Em termos de fisiopatologia, o que acontece?

A: O que acontece neste caso é a perda de estrutura óssea normal. Existe uma rarefação da estrutura óssea normal localizada.

T: Em termos de formação e de reabsorção óssea, o que acontece?

A: Não existe atividade osteoclástica para recuperar o osso.

T: Na verdade, nunca acontece que uma encerre e a outra continue. Há sim, uma predominância de uma dessas atividades. A formação e a reabsorção do osso ocorrem concomitantemente. No osso normal, a velocidade de reabsorção — a velocidade de formação. Então você tem um padrão normal. Quando você tem uma lesão formadora de osso, isto é, ela tem uma atividade osteoblástica muito mais acentuada. O osso é então formado muito mais rapidamente do que é absorvido. Então você fica com lesões mais osteoblástica. Ao contrário, na lesão lítica, você tem uma atividade osteoclástica muito maior do que formadora de osso. Então, predomina a lítica, tá? Então o que vale aqui é a predominância. Neste caso, você acha que há predominância de que atividade?

A: Lítica.

T: Tá bom. Em relação à descrição você me disse que é uma lesão heterogênea predominantemente lítica. Que mais você pode me dizer?

A: Que existe descontinuidade da cortical e ... outra coisa também em relação ao eixo do próprio osso, ele deforma principalmente a metafise e a diáfise proximal do osso e pouca a epífise.

T: Certo. Em relação à descontinuidade da cortical, como você traduziria? Em que situação você observa descontinuidade da cortical?

****A:** Por exemplo, nas lesões ditas permeativas.

T: Existem lesões mais simples em que observa descontinuidade da cortical?

A: Fraturas.

T: Quais são os sinais de fratura?

A: Você tem uma linha escura ...

T: É qual o nome dessa linha?

A: Não sei se tem nome ...

T: É chamado traço ou solução de continuidade. Você observa algum traço de fraatura nessa lesão?

A: Não.

T: Mas você observou o desalinhamento ou descontinuidade da cortical, com até alteração do eixo do osso. Isto não poderia sugerir que existe uma fratura?

A: Não.

T: Mas a cortical vem aqui, interrompe, vem pra cá. Tem sim um traço de fratura aqui. Que tipos de fraturas você conhece e como você classificaria esta aqui?

A: Nossa!!!! É uma fratura ...

T: Que tipos de fratura você conhece?

A: Fratura de stress, que seriam fraturas pequenas, por exemplo, em regiões do ...

T: Que tal um exemplo?

A: Na região do pé ...

T: Sim. É chamada fratura do marchador. A ação constante de uma força, ainda que pequena, acaba por provocar fratura. Mas aí você não teria problema de irrigação. Seriam fraturas só pelo constante estresse. Que outro tipo de fratura você conhece?

A: A fratura que destrói tudo, melhor dizendo, a fratura cominutiva que seria uma fratura que daria vários fragmentos.

T: Elas ocorrem a partir de que mecanismos?

****A: A partir de um trauma muito violento.**

T: A partir de um trauma. Eu estou querendo classificar fraturas de um modo mais geral. Assim, fraturas de stress, traumáticas, normais e patológicas. Você pode me definir uma fratura patológica?

A: O trauma não precisa ser muito grande pra provocar a fratura.

T: Sim. Neste caso não precisa haver trauma, o osso pode estar sendo submetido a um stress normal. Esta seria uma definição de fratura patológica. Mas em qual delas esta se encaixa?

A: Pra mim, esta fratura é primária ...

T: Dos três tipos que te falei, stress, trauma e patológica?

A: Trauma.

T: Por que?

A: Porque eu imagino que uma criança ...

T: Qual é o conceito de fraturas traumáticas em geral?

A: Elas são fraturas que ocorrem no osso são e decorrem de um mecanismo traumático.

T: Neste caso, você acha que é um osso são que foi submetido a uma agressão?

A: Foi o que pensei no início. De repente, o que aconteceu depois foi uma osteomielite e o osso ficou com esse aspecto esquisito.

T: Você quer dizer então que há um processo inflamatório. Qual a principal característica dos processos inflamatórios, ou, na análise dos processos inflamatórios, qual o primeiro sinal que você deve encontrar?

A: Primeiro, até as duas primeiras semanas eu não encontro absolutamente nada.

T: Bom, aí seria um processo osteomielítico agudo. Como estariam as partes moles ...

****A: Aumentadas.**

T: Nesse caso, você não acha que seria uma lesão aguda?

A: Seria uma lesão crônica, ela teria algum tempo já.

T: E as partes moles poderiam estar normais?

A: Sim.

T: Então você não afasta a hipótese de osteomielite?

A: Não.

T: Você acha então que a osteomielite veio decorrente de uma fratura?

****A: Se essa fratura foi exposta, ela teve uma chance de infectar o próprio osso e levar a uma osteomielite secundária ao trauma.**

T: Certo. Vamos continuar nesta linha de análise. Você acha que teve uma fratura traumática e que ela ocorreu há algum tempo e que promoveu uma osteomielite. Esta osteomielite já passou da fase aguda para crônica. O que aconteceria com essa fratura?

A: Teria que ver se essa fratura estava consolidada ou não.

T: O que eu estou te perguntando é o seguinte: passando algum tempo, o que é normal acontecer com uma fratura?

****A: A tendência normal é formar um calo ósseo.**

T: Então você não acha estranho não ter calo ósseo e já ter osteomielite crônica?

A: Eu acho estranho.

T: Bom, continuando seu raciocínio, nós temos uma osteomielite e uma fratura. Se ocorresse o processo inverso: você tem uma osteomielite e aí ocorreu uma fratura. Que tipo de fratura seria esta?

****A: Uma fratura patológica. Então é uma fratura patológica propriamente num osso afetado pela osteomielite.**

T: Bom, nós vamos então ficar com um osso anormal que sofreu uma fratura. A fratura é patológica e você acha isso mais coerente?

A: É.

T: Então nós vamos ficar com essa hipótese. Continue a descrever as alterações das partes ósseas.

A: Está ocorrendo ali uma reação periosteal na diáfise da tíbia distal.

T: O que é uma reação periosteal?

****A: O periosteio recobre o osso e ... se existe uma lesão que estimule o osso a refazer a sua integridade, o periosteio vai tender remodelar esse osso pela periferia.**

T: Sim. Seria então um estímulo que pode ser menos agressivo ou mais agressivo que vai fazer o periosteio se desenvolver. Esse desenvolvimento pode ocorrer de várias formas. Sim ou não?

A: Pode ter formas diferentes.

T: Quais são essas formas? Que tipos de reação periosteal você conhece?

A: Reação periosteal espiculada paralela que é comum em processos neoplásicos, tipo sarcoma de Ewing e também osteosarcoma. Existem reações do tipo Codman, que eu acho que é aquela ali ... aquele ângulo ali.

T: E isto quer dizer este ângulo?

A: ...

T: Bom, é um tipo de reação periosteal sólida que vai formar um ângulo com a cortical, formando uma espécie de triângulo. É isso?

A: Eu acho que é isso.

T: Dependendo do tipo de reação periosteal, você pode definir se uma lesão é benigna ou maligna, se é um processo inflamatório ou neoplásico?

A: Reação espiculada paralela fala a favor de um sarcoma.

T: E raios de sol?

A: Também.
T: Qual o tipo de reação periosteal que você está vendo?
A: Acho que é ângulo de Codman.
T: Certo. Você vê mais algum tipo de reação periosteal?
A: Talvez tenha uma espiculada.
T: Então você tem dois tipos de reação periosteal aqui. Pode haver casos assim?
A: Pode.
T: Como se denomina?
A: Não sei.
T: Complexas. Elas aparecem em qual tipo de lesão?
A: Não sei.
T: Seria em casos mais benignos ou mais malignos?
A: Se eu tivesse de classificar, sendo uma reação complexa ... eu já vi um caso de sarcoma de Ewing que tinha dois tipos de reação periosteal ...
T: Dentro dos seus conhecimentos, você jogaria pra onde?
A: Eu jogaria para uma reação mais agressiva, do tipo neoplásica.
T: Bom. Você já me disse que tem uma fratura que parece ser patológica, uma reação periosteal complexa e uma lesão predominantemente osteolítica. Você acha que tem alguma outra alteração que você tem de me informar?
****A: É que ela respeita a epífise. Logo, e se ela respeita a epífise, isto não é comum na osteomielite. Na osteomielite ela tende a se expandir através da cartilagem e poupar a epífise. Logo, isto pode ser um tumor.**
T: Tá bom. Então você me disse que é uma lesão predominantemente lítica, heterogênea, associada a fratura patológica e reação periosteal complexa, que se localiza principalmente em região metadiafisária da tíbia. E o espaço articular, como está?
A: Não consigo ver. Fico em dúvida se há realmente aumento no espaço.
T: Você está analisando essa lesão e considerando que ela vai comprometer o lugar onde começou, me aponte o lugar onde ela começou.
A: Pra mim ela começou mais na região de transição metadiafisária.
T: Então seria ali o centro da lesão. Se ela comprometesse o espaço articular sem comprometer a epífise, então ela teria pulado a epífise. Isto pode acontecer?
A: Eu acho que não.
T: Seria mais coerente que ela comprometa tudo. Então se você achou que pelo raio-x a epífise não está comprometida então o espaço articular também não está comprometido, certo?
A: Certo.
T: Quem compromete mais o espaço articular, processos inflamatórios ou os tumorais?
A: Mais os processos inflamatórios.
T: Então nós estamos diante de uma lesão com partes moles praticamente inalteradas, num membro osteopênico, predominantemente osteolítica, associada a uma fratura patológica, com reação periosteal complexa na região metadiafisária, que aparentemente não compromete a epífise nem o espaço articular. Quais as suas hipóteses gerais de diagnóstico?
A: Em primeiro lugar, ficaria com sarcoma...
T: Atenção! Quais são os grandes grupos de doenças do músculo esquelético?
A: Tinha que pensar em alguma coisa infecciosa ... dentro da infecção, pensaria em osteomielite.
T: Vamos pensar nos grandes grupos apenas.
A: Inflamatória tipo colagenosa que poderia dar inflamação. Vascular no trato ósseo, pode ser também neoplásico, pode ser traumático e ...
T: A sigla VICTIM ajuda você a se lembrar. Com ela temos: Vascular, Inflamatório, Colagenosos e Congênitos, Traumáticos e Miscelânea. Dentro desses grandes grupos, em qual deles você encaixa este caso?
A: Neoplásico.
T: Você quer dizer tumor?
A: Tumor. Ao contrário do meu diagnóstico inicial, osteomielite.
T: Então você muda seu diagnóstico. Você afasta totalmente a hipótese de osteomielite?
A: Não totalmente.
T: Se você tivesse que dar uma nota de 1 a 5, a osteomielite ficaria com quanto?
A: 1.
T: Então vamos ficar com a hipótese de tumor. Vamos tentar confirmar esta hipótese. Que parâmetros você usa para avaliar tumor?
A: A biopsia define.
T: Mas eu quero parâmetros radiológicos.
****A: Bom, é uma lesão que não poupa a cortical e as partes moles, se for maligno.**
T: E se for benigno?
****A: Ele poupa a cortical e tem um padrão mais geográfico.**
T: O que é importante no padrão geográfico pra você me dizer que é um tumor mais benigno? Que tipos de lesão desse tipo que você conhece? Me dê a classificação geral.
A: Tem os cistos ...
T: Não. Eu quero a classificação geral: geográficos, permeativos, moteados.
A: Tem esses três.
T: Deles, qual o mais benigno?
A: O moteado pode estar no meio. O geográfico tende a ser benigno.
T: Dentre as lesões geográficas, que características são importantes e que permitem você dizer se ela é mais maligna ou mais benigna?
****A: Acho que tem a ver com a cortical, se ela está lesada ou não ...**
T: E na lesão propriamente?
****A: E também se a lesão é homogênea ou não.**
T: Certo. A esclerose é um sinal importante?
****A: A esclerose da cortical fala a favor de uma lesão mais benigna.**
T: A esclerose da lesão? Uma lesão com bordos escleróticos?
****A: Uma lesão com esclerose tende a ser mais benigna.**

T: Quanto maior a esclerose mais benigna ela é. Não é nem uma questão de benigna ou maligna mas principalmente de velocidade de crescimento. Assim, quanto mais rápida, menos bordo esclerótico e, portanto, mais agressiva. Se você fosse classificar essa lesão, ela seria do tipo moteado, geográfico ou permeativo?

A: Mais moteado. Ela não chega a ter uma definição completa da margem mas, em compensação, eu não consigo ver esclerose.

T: Quais são as margens dela?

A: Você vê uma parte dela aqui ... não consigo definir bem ... parece meio moteado ...

T: Você tem certeza que pra baixo não tem lesão?

A: Pra baixo tem também.

T: Ela está definida pela cortical ou pela lesão?

A: Pela cortical.

T: Você consegue definir uma lesão?

A: Não.

T: Entre moteado e permeativo, você ficaria com qual?

A: Agora fico mais com a permeativa, ela é mais infiltrativa.

T: Então você precisa diferenciar se está olhando o osso, a estrutura ou a lesão. Então, a lesão ...

A: Eu não consigo definir quanto à lesão quem é a lítica de quem é a blástica.

T: Bom, estamos diante de uma lesão permeativa. A lesão permeativa aparece mais em lesões tumorais. Isto é uma confirmação de tumor, certo?

A: Certo.

T: A gente analisou o tipo de lesão. A localização é um parâmetro importante?

****A: Sim, porque há tumores que afetam lugares mais que outros, tipo — que é o mais epifisário de todos os tumores. Os osteosarcomas tem essa localização aí. O sarcoma de Ewing é mais diafisário, se não me engano.**

T: Que osso o osteosarcoma prefere?

A: Ele gosta do fêmur.

T: Ele gosta da tibia também, apesar de gostar mais do fêmur. Bom, já analisamos o tipo de lesão e sua localização. O número de lesões é importante?

A: É.

T: Por que?

****A: Porque uma lesão mais localizada fala mais a favor de tumor primário. Se você tem várias lesões, ou elas são várias metástases ou são um tumor como o mieloma múltiplo que é ...**

T: Ele é primário mas gosta de afetar várias regiões. Então muda totalmente um diagnóstico. Em relação à reação periosteal, confirma seu diagnóstico de tumor?

A: Pode ajudar mas não confirma.

T: Mas não afasta?

A: Não.

T: Quer dizer, este tipo de reação periosteal você encontra mais em tumor. Com todos esses dados que já vimos, lesão permeativa, predominantemente osteolítica, com fratura patológica, com reação periosteal do tipo complexa, você confirma a hipótese de tumor?

A: Sim.

T: E não está comprometido o espaço articular, certo?

A: Certo.

T: Com todas essas informações sobre tumores, quais suas hipóteses?

****A: O paciente é um jovem de 13 anos, logo tenho de procurar tumores dessa faixa etária. Logo, afasto tumor que incidem sobre pessoas mais velhas, tipo mieloma múltiplo ou metástase de pulmão. Pela localização e tipo de reação periosteal afasto alguns tumores do tipo benigno, tipo ortoblastoma. Eu esperaria uma lesão mais arredondada na epífise, portanto também descarto este tipo de tumor. Fico então com os tumores mais agressivos e neste caso o osteosarcoma convencional.**

T: No osteosarcoma predominou um componente blástico ou lítico?

A: Não sei. Acho meio lítico e meio blástico também.

T: Pelo próprio nome ...

A: ... ele seria mais blástico teoricamente.

T: Ele pode se tornar lítico só que talvez o componente blástico seja predominante. Você tem outra hipótese?

A: Poderia ser sarcoma de Ewing também mas ele não é comum nesse local.

T: Sim, o Ewing pode ser também nesse local. A faixa etária abrange Ewing?

A: Sim.

T: Qual é a faixa etária do Ewing?

A: É mais baixa a faixa etária do Ewing.

T: Não. O osteosarcoma é mais baixo (entre 6 a 14 anos) e o Ewing é um pouquinho mais alto (5 a 25). 13 anos é, portanto, uma idade comum aos dois. E quanto ao sexo, há alguma preferência?

A: Pode, mas acho que está mais pra Ewing.

T: O Ewing tem preferência por sexo?

A: Não me lembro.

T: Ele predomina um pouquinho no sexo masculino. E quanto à reação periosteal, ela ajuda a diferenciar um do outro?

A: A espícula paralela tende a ser mais de Ewing.

T: O Ewing tende a ser mais a lamelada, casca de cebola. Já o osteosarcoma, mais raios de sol. Mas como a reação periosteal é uma resposta, ela pode aparecer de qualquer forma. Então pela reação periosteal fica difícil você diferenciar. E aí, as hipóteses quais são?

A: Primeiro osteosarcoma e depois Ewing.

T: Primeiro osteosarcoma e Ewing em segundo. Que exame você pediria para a confirmação do diagnóstico?

A: Eu pediria não pra confirmar mas pra diferenciar. Eu pediria a biopsia.

T: Certo. A diferenciação entre os dois seria feita pela biopsia. Tudo bem. foi realizada a biopsia e o resultado foi sarcoma de Ewing. O que você faria em seguida?

A: Eu encaminharia o garoto para um especialista.

T: E o resultado obtido com o raio-x já seria suficiente para a atuação do especialista?

A: Talvez não. Eu tentaria explorar a ... estadiar esse tumor.

T: Certo. Estadiar o tumor. Então que exames você pediria para o estadiamento do tumor?

A: Neste caso eu pediria uma cintigrafia com medicina nuclear ...
T: No que ela te ajudaria?
A: Ela me ajudaria a identificar outra lesão ou a provável extensão dessa lesão.
T: Você pediria algum outro exame?
A: Se fosse osteosarcoma, pediria um raio-x do tórax.
T: Então você localizaria as possíveis metástases com um raio-x do tórax. Caso o paciente não apresentasse nenhuma metástase, que exame você indicaria para sugerir uma conduta?
A: Sim, eu poderia pedir uma tomografia ou uma ressonância pra ver o comprometimento de partes moles ou onvasão daquela epífise ali.
T: Em relação a esses dois exames, qual você escolheria?
A: Ressonância.
T: Por que?
A: Porque eu acho que ela vê melhor a parte óssea. Ela tem mais sensibilidade pra ver se a lesão atingiu a — e isto mudaria a conduta.
T: Certo. Além disso, a ressonância tem alguma outra vantagem?
A: Ela não usa radiação. O único problema seria o custo mais elevado.
T: Certo. Em relação à lesão, você está fazendo estadiamento local, é isso?
A: Isso.
T: Qual o melhor exame para o estudo da anatomia?
A: Ressonância.
T: Então ela vê melhor as partes moles?
A: Sim.
T: E em relação ao estudo do osso?
A: Talvez a tomografia fosse melhor.
T: O que você vai analisar no osso?
A: ...
T: O que é importante?
A: Localizar melhor a lesão. No caso da ...
T: Quais as partes do osso é importante analisar? Se você pegar esta tíbia, o que você vê? Que componentes?
****A: Vejo a cortical e a medular. Tenho que ver também se há comprometimento da medula óssea. Então preciso da tomografia pra ver a medula óssea.**
T: Por que?
****A: Porque ela, como tem gordura, ela muda o sinal do ...**
T: Como ela aparece na ressonância?
A: Não sei muito bem. Acho que ela é hipo em T1 e ...
T: Vai depender da sequência?
A: Sim.
T: Se você usar uma sequência em T1?
A: Vai aparecer de um jeito.
T: Como ela aparece?
A: Acho que ela aparece mais escura.
T: Ela é branca no T1. Ela é uma gordura portanto aparece branca. Se você usar o T2 ela aparece preta.
A: Então é o contrário da lesão?
T: Sim. Vai ser ótimo pra estudar porque a lesão vai aparecer preta ou heterogênea e o restante da medula que estiver com o sinal normal vai indicar o local da ação do especialista. Vai ser importante na delimitação do comprometimento. Bom, você já falou da importância da ressonância na avaliação da medula, da epífise e das partes moles. (Exibindo a ressonância) Esta imagem é T1 ou T2?
A: Pra mim esta aqui é T1 e aquela é T2.
T: Como você diferencia as duas na ressonância?
A: Eu não estudei ainda mas no T1 o líquido aparece mais escuro, com hipo-sinal. Quando você muda a sequência pra T2, o líquido passa a ter um hiper-sinal.
T: Que cortes são estes?
A: Coronais.
T: Como você avalia em que região este corte está? Se tem as estruturas anatômicas que você conhece, como você consegue diferenciar se ela está na região mais anterior, posterior ou média?
A: Teria que ver a patela.
T: Não tem nenhum método dado pelo próprio filme? Ele te dá um mapa. A patela está onde?
A: Está aqui, no último.
T: E esta foto começa do anterior para o posterior ou ao contrário?
A: Do posterior para o anterior.
T: Então você está vendo os cortes que começaram de trás e vindo pra frente, certo?
A: Certo.
T: Bom, nós temos dois parâmetros principais para analisar numa imagem de ressonância. Quais são eles?
A: É ...
T: O líquido e a gordura. Eles se comportam de maneira contrária na ressonância: se um é preto o outro é branco. Em T1, como eles estão?
A: A gordura é branco e o líquido é preto.
T: Certo. Portanto, o que você tem aqui, entre as estruturas ósseas (aponta área branca)?
A: Gordura.
T: Certo. Outro parâmetro pra você analisar T1 é o tempo de relaxamento (TR) e o TE. O que você está vendo? O que vamos analisar na ressonância?
A: Justamente o comprometimento da medula, da epífise e das partes moles.
T: A epífise como está?
A: Talvez tenha um comprometimento.
T: Ela está simétrica em relação à outra. Então ela está sendo considerada normal. A medula?
A: Ela tem de ser hiper e ...

T: Onde está a medula?
A: Está central aqui.
T: Como ela aparece em T1?
A: Ela aparece hiper em T1.
T: Então tudo que você está vendo hiper é o que?
A: A medula.
T: E o que não está hiper, o que é?
A: Pode ser cortical.
T: Se você for comparar aqui com aqui, isto aqui não é a medula?
A: Sim. E aqui já tem lesão.
T: Então você está vendo exatamente o nível de comprometimento. Bom, já concluímos que a epífise está comprometida e avaliamos o nível de comprometimento da medula. E as partes moles?
A: Parece que também estão comprometidas.
T: Por que?
****A: Estou vendo aqui um aumento das partes moles, um aumento do diâmetro da ...**
T: Um aumento do diâmetro significa necessariamente aumento das partes moles?
A: Não.
T: Certo. Em geral, a ressonância trabalha com a alteração do que?
A: Do sinal.
T: Então o que ela te informa são os sinais. Então você vai trabalhar com alteração do sinal, certo?
A: Tem que pedir um T2, é isso?
T: Não. Você pode comparar as partes moles de um lado com o outro e vê se o sinal está alterado. E aí?
A: Acho que o sinal daqui está mais hiper.
T: Então você tem um certo comprometimento de partes moles. O osso normal é melhor estudado na ressonância ou no raio-x?
A: Raio-x.
T: E por que não a ressonância?
****A: Porque, por exemplo, aqui eu não consigo delimitar bem a cortical.**
T: O que acontece no osso que não fica bom na ressonância? Como ele aparece nela?
A: Escuro. Não dá sinal.
T: E por que não dá sinal?
****A: Porque ele não tem líquido.**
T: Então me diga o que dá sinal na ressonância?
A: A formação de prótons da água.
T: É a água. Ela tem um componente que dá o sinal. Qual é ele?
A: O hidrogênio.
T: É a mobilidade dos átomos de hidrogênio que vai emitir o sinal. E por que o osso não emite sinal?
****A: Porque ele só tem cálcio.**
T: Tá bom.

ANEXO 2 – EXEMPLO DE UMA BASE DE CONHECIMENTO UTILIZANDO- SE A REPRESENTAÇÃO PROPOSTA

```
[
[aorta sp_157]
[right_atrium sp_158]
[right_ventricle sp_159]
[heart sp_160]
[svc_ra sp_161]
[vena_cava sp_162]
[heart_chambers sp_163]
[thorax sp_164]
[left_ventricle sp_165]
[left_atrium sp_166]
[ascending_aorta sp_167]
[descending_aorta sp_168]
[aortic_arch sp_169]
[superior_vena_cava sp_170]
[inferior_vena_cava sp_171]
[left_lung sp_172]
[right_lung sp_173]
[size sp_157 slightly_elongated]
[shape sp_157 slightly_elongated]
[is_a sp_164 sp_157]
[size sp_158 enlarged]
[is_a sp_160 sp_158]
[size sp_159 enlarged]
[is_a sp_160 sp_159]
[width sp_160 27.8]
[cardiothoracic_ratio sp_160 0.84]
[size sp_160 markedly_enlarged]
[is_a sp_164 sp_160]
[inst sp_161 sp_158 sp_170]
[is_a sp_164 sp_162]
[size sp_163 enlarged]
[ins sp_163 sp_165]
[ins sp_163 sp_159]
[ins sp_163 sp_158]
[ins sp_163 sp_166]
[width sp_164 33.2]
[is_a root sp_164]
[size sp_165 markedly_enlarged]
[is_a sp_160 sp_165]
[size sp_166 enlarged]
[is_a sp_160 sp_166]
[is_a sp_157 sp_167]
[is_a sp_157 sp_168]
[is_a sp_157 sp_169]
[size sp_170 enlarged]
[is_a sp_162 sp_170]
[is_a sp_162 sp_171]
[opacity sp_172 opaque]
[is_a sp_164 sp_172]
[opacity sp_173 slightly_opaque]
[is_a sp_164 sp_173]
] -> base_fatos_img;
```



```

[ [forall _ bfca_x] [forall _ bfca_y] [forall _ bfca_z]
  [[ [[left_ventricle] [_ bfca_x]]] &
    [[size] [_ bfca_x] [_ bfca_y]]] &
    ~[[[_ bfca_y] - [normal]]] ]
  ->
  [[exists _ bfca_w] [ [[heart] [_ bfca_z]]] &
    [[size] [_ bfca_z] [_ bfca_w]]] &
    ~[[[_ bfca_w] - [normal]]]]]]

[ [forall _ bfca_x] [forall _ bfca_y] [forall _ bfca_z]
  [[ [[right_ventricle] [_ bfca_x]]] &
    [[size] [_ bfca_x] [_ bfca_y]]] &
    ~[[[_ bfca_y] - [normal]]] ]
  ->
  [[exists _ bfca_w] [ [[heart] [_ bfca_z]]] &
    [[size] [_ bfca_z] [_ bfca_w]]] &
    ~[[[_ bfca_w] - [normal]]]]]]

[ [forall _ bfca_x] [forall _ bfca_y] [forall _ bfca_z]
  [[ [[left_atrium] [_ bfca_x]]] &
    [[size] [_ bfca_x] [_ bfca_y]]] &
    ~[[[_ bfca_y] - [normal]]] ]
  ->
  [[exists _ bfca_w]
    [ [[heart] [_ bfca_z]]] &
    [[size] [_ bfca_z] [_ bfca_w]]] &
    ~[[[_ bfca_w] - [normal]]]]]]

[ [forall _ bfca_x] [forall _ bfca_y] [forall _ bfca_z]
  [[ [[right_atrium] [_ bfca_x]]] &
    [[size] [_ bfca_x] [_ bfca_y]]] &
    ~[[[_ bfca_y] - [normal]]] ]
  ->
  [[exists _ bfca_w] [ [[heart] [_ bfca_z]]] &
    [[size] [_ bfca_z] [_ bfca_w]]] &
    ~[[[_ bfca_w] - [normal]]]]]]

[ [forall _ bfca_x] [forall _ bfca_y]
  [ [[heart] [_ bfca_x]]] & [[size] [_ bfca_x] [_ bfca_y]] ] ]

[ [forall _ bfca_x] [forall _ bfca_y] [forall _ bfca_z]
  [[ [[superior_vena_cava] [_ bfca_x]]] &
    [[size] [_ bfca_x] [_ bfca_y]]] &
    ~[[[_ bfca_y] - [normal]]] ]
  <->
  [[exists _ bfca_w] [ [[right_atrium] [_ bfca_z]]] &
    [[size] [_ bfca_z] [_ bfca_w]]] &
    ~ [[[_ bfca_w] - [normal]]]]]]

[ [forall _ bfca_x] [forall _ bfca_y] [forall _ bfca_z]
  [[ [[superior_vena_cava] [_ bfca_x]]] &
    [[calcification] [_ bfca_x] [_ bfca_y]]] &
    ~[[[_ bfca_y] - [normal]]] ]
  <->
  [[exists _ bfca_w]
    [ [[right_atrium] [_ bfca_z]]] &
    [[size] [_ bfca_z] [_ bfca_w]]] &
    ~ [[[_ bfca_w] - [normal]]]]]]

]-> base_formul_classe_anom;

```

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIELLO, L. e MICARELLI, A. A system for foreign language learning based on conversation rebuilding. **Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education**. ACCE, 1993. p. 314-322.
- ANDERSON, J. R. Acquisition of cognitive skill, **Psychological review**. 1982. p. 369-406.
- AZEVEDO, R.; LAJOIE, S.; DESAULNIERS, M.; FLEISZER, D. e BRET, P. RadTutor: the theoretical and empirical basis for design of a mammography interpretation tutor. In: DU BOULAY, B. e MIZOGUCHI, R.(Eds.). **Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education**. IOS Press, 1997. p. 386-393.
- BARBER, T. J.; MARSHALL, G. e BOARDMAN, J. T.. Tutorial – a philosophy and architecture for a rule-based frase system: RBFS. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**. v. 1, n.2, p. 62-67, 1988.
- BARRETT, R.; RAMSAY, A. e SLOMAN, A. **POP-11: a Pratical Language for Artificial Intelligence**. Ellis Horwood, 1985.
- BLESSING, S. B. A programming by demonstration authoring tool for model-tracing tutors. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, n. 8, p. 233-261, 1997.
- COLLINS, A. e STEVENS, A.L. A cognitive theory for inquiry teaching. In: GOODYEAR, P. (Ed.). **Teaching Knowledge and Intelligent Tutoring**, P. 1982.
- COLLINS, A. Different goal of inquiry teaching. **Questioning Exchange**, n. 2, p. 39-45, 1988.
- CURY, D. **FLAMA: Ferramentas e Linguagem de autoria para a Modelagem da Apendizagem**. São José dos Campos, 1996. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Divisão de Pós-graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

- CURY, D.; DIRENE, A. I. e NIZAM, O. Modelos baseados em esteriótipos e oráculos para a aprendizagem de conceitos visuais. **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 1997. p. 143-161.
- CURY, D.; DIRENE, A. I. e NIZAM, O. Modelos baseados em estereótipos e oráculos para a aprendizagem de conceitos visuais. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, n. 2, p. 43-53, 1998.
- DARADOUMIS, T. Managing interruptions in tutorial dialogues by means of an extended RST-based model. **Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education**. ACCE, 1993. p. 121-128.
- DIRENE, A. I. Methodology and tools for designing concept tutoring systems. **Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education**. ACCE, 1993. p. 58-95.
- DIRENE, A. I. **Methodology and tools for designing concept tutoring systems**. Brighton, 1993b. Doctor's thesis (Ciência da Computação) - School of Cognitive and Computing Sciences, University of Sussex.
- DIRENE, A. I. Authoring intelligent systems for teaching visual concepts. **International Journal of Intelligence in Education**, v.8, n. 1, p. 44-70, 1997.
- FITTING, M. **First-order logic and automated theorem proving**. 2. ed. Springer, 1996.
- GAGNE, R. M.; BRIGGS, L. J. e WAGER, W. W. (Eds) **Principles of instructional design**. Holt, Rinehart and Winston, 1988.
- GOLDSTEIN, I. P. The genetic graph: a representation for evolution of procedural knowledge. In: SLEEMAN, D. H. e BROWN, J. S. **Intelligent Tutoring Systems**. Academic Press, 1982. p. 51-77.
- HARTLEY, J. R. e SMITH, M. J. Question-answering and explanation giving in on-line help systems. In: SELF, J. (Ed.). **Artificial Intelligence and Human Learning**. Chapman and Hall Computing, 1988.

- HAYES, J. P. The logic of frames. In: BRACHMAN, R. J. e LEVESQUE, H. J. **Readings in knowledge representation**. Morgan Kaufmann, 1985.
- JOOLINGEN, W.; KING, S. e JONG, T. The SimQuest authoring system for simulation-based discovery learning. In: DU BOULAY, B. e MIZOGUCHI (Eds). **Artificial Intelligence in Education**. IOS Press, 1997. p. 79-86.
- KILGARRIFF, A. **A system of knowledge representation for a concept recognition tutoring system**. Brighton, 1988. Master's thesis (Ciência da Computação) - School of Cognitive and Computing Sciences, University of Sussex.
- LESGOLD, A. M. Acquiring expertise. In Anderson, J. R. e Kosslyn, S. M. **Tutorials in Learning and Memory: Essays in Honor of Gordon Bower**. W. H. Freeman, 1984. p. 31-60.
- LESGOLD, A. M.; RUBINSON, H.; GLASSER, P. F. R.; KLOPFER, D. e WANG, Y. Expertise in a complex skill: Diagnosing x-ray pictures. In: Chi, M.; Glasser, R. e Farr, M. (Eds). **The Nature of Expertise**. Lawrence Erlbaum, 1989.
- MAJOR, N. e REICHGELT, H. Using COCA to build an intelligent tutoring system in simple algebra. **Intelligent Tutoring Media**, v. 2, p. 159-169, 1991.
- MAJOR, N. REDEEM: exploiting symbiosis between psychology and authoring environments. **International Journal of Intelligence in Education**, v. 8, p. 317-340, 1997.
- MANN, W. e THOMPSON, S. Rhetorical structure theory: A theory of text organization. In: POLANYI, Livia (Ed.). **The Structure of Discourse**. Ablex Publishing Corporation, 1987.
- MERVIS, C. B. e ROSCH, E. Categorisation and natural objects. **Annual Review of Psychology**, 32, p. 89-115, 1981.
- MINSKY, L. M. A framework for representing knowledge. In: WINSTON, P. H. **The Psychology of Computer Vision**, McGraw-Hill, 1975.

- MURRAY, T. Expanding the knowledge acquisition bottleneck for intelligent tutoring systems. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 8, p. 222-232, 1997.
- MURRAY, T. Authoring intelligent tutoring systems: an analysis of the state of the art. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, 10, p. *to appear*, 1999.
- O'SHEA, T.; BORNAT, R.; DU BOULAY, B.; EISENSTADT, M. e PAGE, I. Tools for creating intelligent computer tutors. In: Elithorn, A. e Barneji, R. (Eds.). **Human and Artificial Intelligence**. North-Holland, 1984.
- PIMENTEL, A. e DIRENE, A. I. Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes. **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 1997. p. 131-142.
- PIMENTEL, A. e DIRENE, A. I. Cognitive measures for visual concept teaching with intelligent tutoring systems. **Intelligent Tutorial Systems**, 1998.
- PIMENTEL, A. e DIRENE, A. I. Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, n. 2, p. 17-24, 1998b.
- REINHARDT, B. e SCHEWE, S. A shell for intelligent tutoring systems. **Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education**, ACCE, 1995. p. 83-90.
- SELFRIDGES, O.G. Pandemonium: A paradigm for learning. **The mechanization of thought processes**. London: H. M. Stationery Office, 1959.
- SHARPLES, M. e DU BOULAY, B. Knowledge representation, teaching strategy and simplifying assumptions for a concept tutoring system. **Anais da European Conference on Artificial Intelligence**, 1988. p. 268-270.
- SHARPLES, M. Computer-based tutoring of visual concepts: from novice to expert. **Journal of Computer Assisted Learning**, 7, p. 123-132, 1991.
- SHARPLES, M. e DU BOULAY, B. Heart and Head: the radiology tutor and beyond. **Rivista di Neuroradiologia**, 5, p. 465-471, 1992.

- SHARPLES, M.; DU BOULAY, B.; TEATHER, D.; TEATHER, B.A.; JEFFERY, N. e DU BOULAY, G.H. The MR tutor: computer-based training and professional practice. **Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education**. ACCE, 1995. p. 429-436.
- SHARPLES, M.; DU BOULAY, B.; TEATHER, D.; TEATHER, B.A.; JEFFERY, N. e DU BOULAY, G.H. The cognitive basis for na MR image tutor. In: DU BOULAY, B. e MIZOGUCHI (Eds.). **Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education**. IOS Press, 1997. p. 402-409.
- SLEEMAN, D. H. Micro-SEARCH: A “shell” for building systems to help students solve non-deterministic tasks. In: KEARSLEY, G. (Ed.). **Artificial Intelligence and Instruction**. Addison-Wesley, 1987a. p. 69-81.
- SLEEMAN, D. H. PIXIE: a shell for developing intelligent tutoring systems. In: LAWLER, R. e YAZDANI, M. (Eds.). **AI and Education: Learning Environments and Intelligent Tutoring Systems**. Ablex Publishing, 1987b. p. 239-263.
- STONES, E. (Ed.) **Psychopedagogy**. Methuen, 1979.
- SWETT, H. A. Computers: power tool for imaging diagnosis, **Diagnostic Imaging International**, 1992. p. 29-37.
- TENNYSON, R. D. e PARK, O. The teaching of concepts: a review of the instructional design literature. **Review of Educational Research**, 50, p. 55-70, 1980.
- TENNYSON, M. D. M. R. D. **Teaching concepts: an instructional design guide**. Educational Technology Publications, 1992.
- TVERSKY, A. Features os similarity. **Psychological Review**, 84, p. 327-352, 1978.
- VIRVOU, M. **A human plausible reasoning theory in the context of na active help system for unix users**. Brighton, 1993b. Doctor’s thesis (Ciência da Computação) - School of Cognitive and Computing Sciences, University of Sussex.
- WINKELS, R. (Ed.). **Explorations in intelligent tutoring and help**. IOS Press, 1992.

WONG, L.; LOOI, C. e QUEK, H. An ITS to plan inquiry dialogue. **Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education**. ACCE, 1995. p. 461-468.