

LIGIA FLÁVIA ANTUNES BATISTA

**AUTORIA DE DIRETRIZES PEDAGÓGICAS DESTINADAS AO
TREINAMENTO DAS MÚLTIPLAS CAPACIDADES DA PERÍCIA
EM CONCEITOS VISUAIS COMPLEXOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Informática pelo Curso de Pós-Graduação em Informática, do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, em convênio com o Departamento de Informática da Universidade Estadual de Maringá.

Orientadores:

Prof.^a Dr.^a Itana Maria de Souza Gimenes

Prof. Dr. José Tarcísio Pires Trindade

Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne

CURITIBA

2003



Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Mestrado em Informática



PARECER

Nós, abaixo assinados, membros da Banca Examinadora da defesa de Dissertação de Mestrado em Informática, da aluna Ligia Flávia Antunes Batista, avaliamos o trabalho intitulado, "Autoria de Diretrizes Pedagógicas Destinadas ao Treinamento das Múltiplas Capacidades da Perícia em Conceitos Visuais Complexos", cuja defesa foi realizada no dia 22 de agosto de 2003, às quatorze horas, no Auditório do Departamento de Informática do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Após a avaliação, decidimos pela aprovação do candidato. (Convênio número 279-00/UFPR de Pós-Graduação entre a UFPR e a UEM - ref. UEM número 1331/2000-UEM).

Curitiba, 22 de agosto de 2003.

Prof.ª Dra. Itana Maria de Souza Gimenes
DIN/UEM – Orientadora

Prof. Dr. José Tarcísio Pires Trindade
DIN/UEM

Prof. Dr. Celso Antônio Alves Kaestner
PUC-PR

Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne
DINF/UFPR

“... as mais importantes observações e variações de habilidades em todos os tipos de comércio e profissões ainda não foram escritas. Este fato prova-se pela experiência quando, passando-se da teoria à prática, desejamos realizar alguma coisa. A verdade é que se pode escrever, também, essa prática, visto jazer, no fundo, exatamente, uma outra teoria mais complexa e específica...”

LEIBNIZ

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor, compreensão e confiança inabaláveis.

Agradecimentos

A Deus.

A todos aqueles que compreenderam a minha ausência nos momentos em que eu estava me dedicando a este trabalho.

Ao prof. Alexandre, pela amizade, incentivo e valiosa colaboração, decisiva para a realização desta pesquisa.

Ao Dr. Omar Gemha Taha, pelo crédito e disposição em auxiliar-me no desempenho deste trabalho.

Aos professores Itana e Tarso pelo apoio, compreensão e incentivo nos momentos de dificuldades.

Aos professores do departamento de Informática da UEM, em especial Consularo e Maurício; a todos os funcionários.

Aos meus amigos, em especial Nicholas e Fabrício, companheiros de estudo e viagem.

Sumário

Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	v
Lista de Abreviaturas	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Tema Central da Dissertação	1
1.2 O Ambiente RUI	2
1.3 Contribuição do Trabalho	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Sistemas Tutoriais Inteligentes	8
2.1.1 Modelo do domínio	10
2.1.2 Modelo do estudante	11
2.1.3 Estratégias pedagógicas	12
2.1.4 Interface com o usuário	13
2.2 Ferramentas de Autoria	13
2.2.1 Autoria de modelos pedagógicos	15
2.2.2 Autoria de modelos de aprendizes	18
2.2.3 Outros aspectos relevantes para ferramentas de autoria	19
3 UMA ABORDAGEM PARA AUTORIA DE DIRETRIZES PEDAGÓGICAS	22
3.1 Conceitos	22
3.2 Linguagem	27
3.3 Ferramentas	34
3.4 Arquitetura da Ferramenta	35

3.4.1	Editor gráfico	36
3.4.2	Gerenciador de objetos	38
3.4.3	Editor de parâmetros	40
3.4.4	Gerador da linguagem de representação interna	41
4	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	46
4.1	Exemplo de Seleção de Características Discriminatórias	48
4.2	Exemplo de Diagnóstico Diferencial	51
4.3	Limitações e Vantagens	55
5	CONCLUSÃO	56
5.1	Contribuições	56
5.2	Trabalhos Futuros	57
	Referências	59

Lista de Figuras

1	Arquitetura do ambiente RUI em suas três camadas de comunicação.	3
2	Fragmento de diálogo com o GTM sobre aorta	3
3	Regra ativada pelo diálogo da Figura 2	4
4	Descrição parcial do componente <i>ventrículo esquerdo (left ventricle)</i> da classe de anormalidade <i>Cardiomegalia</i>	5
5	Fragmento de diálogo com o GTM sobre Cardiomegalia.	6
6	Fragmento de diálogo com o GTM sobre Meningiomas.	6
7	Aspectos básicos na comunicação do conhecimento (WENGER, 1987)	9
8	Esquema da CIP diagnóstico diferencial	24
9	Esquema da CIP seleção de características discriminatórias	25
10	Algoritmo do comportamento do quadro de opções	33
11	Arquitetura da ferramenta CHAPLIM	36
12	Tela do Editor Gráfico	38
13	Tela do Gerenciador de Objetos	40
14	Tela do Editor de Parâmetros	41
15	Tela da Biblioteca	41
16	Exemplo de representação das regras de navegação	42
17	Exemplo de representação das primitivas	43
18	Mapa que gera a linguagem da Figura 19	44
19	Exemplo de representação interna do grafo anterior (Figura 18)	45
20	Carcinoma de ovário	48
21	MDDP para seleção de características discriminatórias	49
22	Primitiva <i>SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE</i>	50
23	Primitiva <i>TELL_ABOUT_NEW_EXAMPLE</i>	50
24	Massa Anexial Complexa	52
25	MDDP para diagnóstico diferencial	53
26	Primitiva <i>GET_IMAGE</i>	53
27	Primitiva <i>IMPROVE_IMAGE_QUALITY</i>	54
28	Primitiva <i>TELL</i>	54

29	Primitiva <i>ASK</i> questionando sobre realização de outro exame	54
30	Primitiva <i>ASK</i> questionando o método	55

Lista de Tabelas

1	Relação entre primitivas e etapas de aprendizado	46
---	--	----

Lista de Abreviaturas

CAI	<i>Computer-Aided Instruction</i>
CHAPLIM	Componentes de Habilidades em uma Abordagem Pedagógica para Leitura e Inspeção de iMagens
CIP	Capacidade Isolada de Perícia
COCA	<i>CO-operative Classroom Assistant</i>
FEMEA	Ferramenta para Modelagem das Estratégias dos Aprendizes
GTM	<i>Guided Tutorial Mode</i>
ICAI	<i>Intelligent Computer-Aided Instruction</i>
IDB	<i>Image Database Browser</i>
MDDP	Mapa de direcionamento didático-pedagógico
RUI	<i>Representation for Understanding Images</i>
SIGMA	Sistema Interpretador Genérico do Modelo do Aprendiz
SOPHIE	<i>SOPHisticated Instructional Environment</i>
STI	Sistema Tutor Inteligente
UMFE	<i>User Modeling Front-End</i>

RESUMO

Este trabalho apresenta uma abordagem didático-pedagógica para aprendizes de radiologia médica em fase de aquisição de perícia, por meio de uma linguagem de autoria e uma ferramenta que possibilita a geração de material que oriente o comportamento pedagógico de um sistema tutor. Faz-se uma análise de características de sistemas tutores inteligentes e ferramentas de autoria, enfatizando modelos pedagógicos e modelos de aprendizes. A partir da fundamentação de primitivas e mapas de orientação didático-pedagógica, a solução proposta é exposta, abordando os componentes da linguagem de autoria e a ferramenta CHAPLIM, que automatiza a abordagem apresentada. Exemplos de aplicação obtidos com o especialista em radiologia são analisados a fim de verificar a aplicabilidade da proposta. Um pequeno resumo das contribuições efetivas do trabalho são apresentadas.

ABSTRACT

This work presents a didactic pedagogical approach to radiological learners that are acquiring expertise, through an authoring language and a tool that enables the production of support material which guides the pedagogical behavior of a tutoring system. An analysis of characteristics of intelligent tutoring systems and authoring tools is presented. The proposed solution is based on the concepts of primitives and didactic pedagogical guide maps. The solution considers components of an authoring language and a support tool named CHAPLIM. Application examples select with the support of a radiology expert in order to validate the proposal. Conclusions and scientific contributions as well as future works are presented.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema Central da Dissertação

Os médicos especialistas em radiologia possuem como uma de suas principais habilidades a capacidade de reconhecimento de padrões visuais complexos. Esta competência é desenvolvida ao longo do exercício contínuo de sua atividade, desde a fase de aprendizado e vai sendo aprimorada durante a prática profissional. Além da radiologia, outras áreas do conhecimento exigem a aplicação de conceitos visuais, entre elas a botânica e a geologia.

No que concerne ao treinamento de aprendizes nas áreas de radiologia, observa-se uma certa desorganização, no sentido de ausência de métodos estruturados de ensino, haja vista o caráter essencialmente prático das disciplinas que exigem análise visual. Soma-se a este fator a dificuldade que os especialistas têm de externar o processo de diagnóstico para os aprendizes que estão em fase de aquisição de perícia.

Em relação especificamente à área radiológica, pesquisadores identificaram que a perícia é composta de um conjunto de habilidades, as quais integram os princípios teóricos e a aquisição de experiência prática necessários para a formação do médico radiologista. Estas habilidades vêm sendo estudadas e catalogadas através do acompanhamento de sessões de ensino de médicos residentes, tendo recebido a terminologia de capacidades isoladas de perícia (CIPs) (DIRENE; SCOTT, 2001).

Considerando-se os aspectos acima, observa-se a necessidade de um método de treinamento para aprendizes de radiologia em fase de aquisição de perícia, bem como diretrizes que orientem o processo de ensino-aprendizagem em termos didático-pedagógicos. Este trabalho apresenta uma proposta de abordagem pedagógica para solucionar esta questão.

Neste capítulo é feita uma introdução. Na seção 1.2 descreve-se o ambiente RUI. A seção 1.3 trata da contribuição deste trabalho.

1.2 O Ambiente RUI

Dedicado ao ensino complementar de diagnóstico médico por imagem, o ambiente RUI (*Representation for Understanding Images*) caracteriza-se por ser um sistema que permite a representação de conhecimento de alto nível sobre imagens (DIRENE, 1997) que oferece duas ferramentas de autoria e também uma ferramenta de ensino.

O ambiente RUI destaca-se por ser um arcabouço (*framework*) independente de domínio para descrever conhecimento sobre conceitos visuais. Além disso, permite dois modos de interação com o estudante: ativo, com o *Guided Tutorial Mode* (GTM) e passivo, com o *Image Database Browser* (IDB). De modo mais detalhado, RUI é descrito como uma ferramenta computacional para gerenciar a complexidade do projeto de Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) e um modelo de interpretação de diálogo independente de domínio, para implementar as interações tutoriais (DIRENE, 1997). Sua concepção baseou-se em conceitos de orientação a objetos e assertivas lógicas.

No modo de interação passivo, o estudante pode visualizar um conjunto de imagens, filtrá-las de acordo com a especificação de determinados critérios e observar suas características. Na interface ativa, o estudante interage com o tutor em um diálogo socrático.

A arquitetura do ambiente RUI é organizada em três camadas de comunicação (DIRENE, 1997), duas de autoria e uma de ensino. A Figura 1 mostra uma visão geral da arquitetura do ambiente RUI por meio das ferramentas de autoria e de ensino nas três camadas de comunicação.

A primeira camada se refere ao nível conceitual de descrição abstrata. Por meio da Ferramenta de Especificação (*Specification Tool*) é realizada a descrição das classes de anormalidade e das operações de ensino para serem utilizadas futuramente na interação com o estudante. O conhecimento do domínio é representado pelas dimensões e restrições das características e as operações de ensino são compostas pelas regras de ensino específicas do domínio (*teaching rules*) e aquelas destinadas ao refinamento das regras de ensino para garantir consistência adicional do diálogo (*protection rules*).

Uma regra de ensino específica de domínio pode ser ativada para explicar

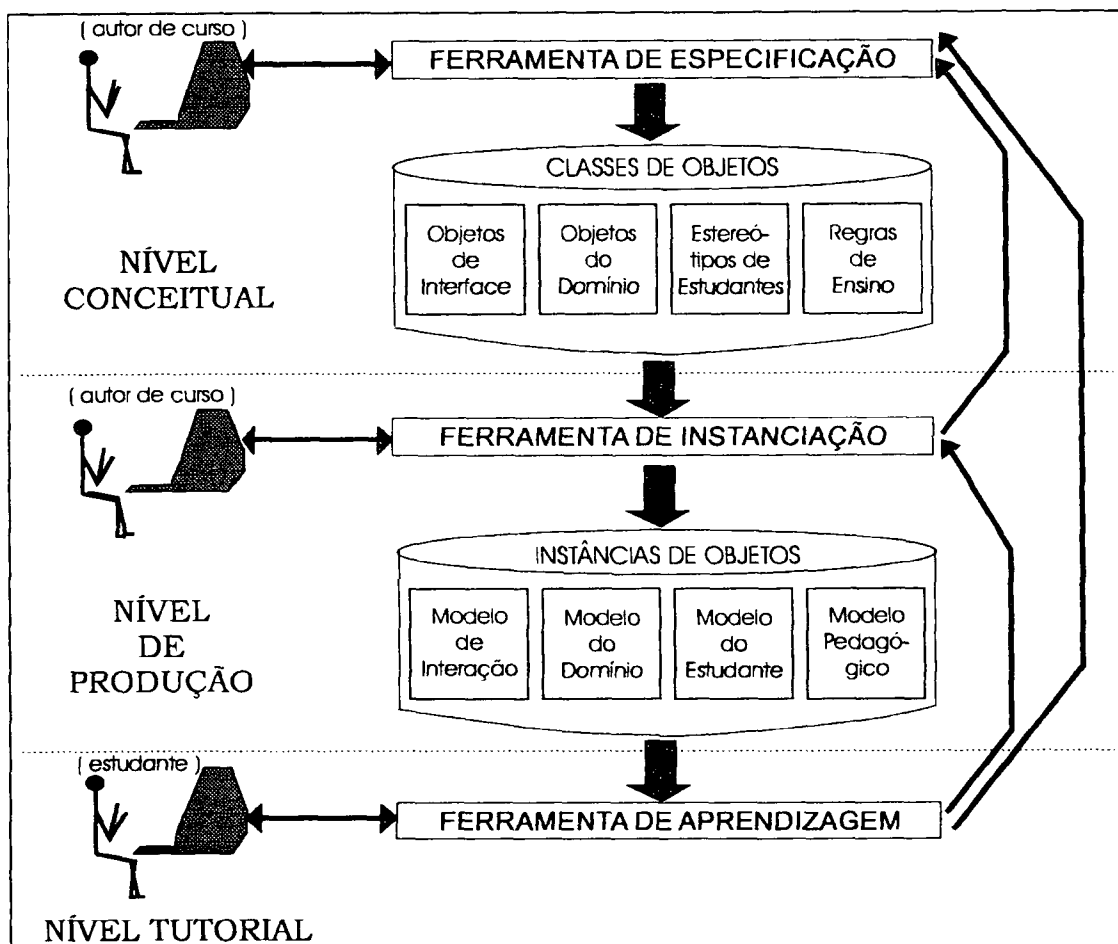


Figura 1: Arquitetura do ambiente RUI em suas três camadas de comunicação.

ou perguntar um conceito ao aprendiz, dadas as características visuais da imagem corrente de ensino. Por exemplo, na Figura 2 se encontra um fragmento de diálogo no qual a ferramenta de ensino GTM do ambiente RUI, explica características visuais relacionadas ao conceito de irregularidade das paredes da artéria *aorta*.

STUDENT: ... The wall of the aorta is smooth.
 TUTOR: In cases of aortic aneurysm, the wall of the aorta is often affected by the thrombus. In fact, that is the physical cause of the aorta enlargement, since the blood has to force its way through the lumen, against the irregular wall surface. In this case, the aorta is actually dilated. What do you notice about ... ?

Figura 2: Fragmento de diálogo com o GTM sobre aorta

O diálogo foi extraído de uma das bases de conhecimento do RUI denominada CT-TUTOR, a qual se destina ao ensino de conceitos ligados à classe de anormalidade de *aneurismas da aorta*. A regra ativada pelo tutor automático durante o diálogo da Figura 2 foi definida pelo autor por meio da *Specification Tool* como sendo a apresentada na Figura 3.

```

REGRA: tell_wall_irreg_2
PRÉ-CONDIÇÃO: ~ wall_irreg
AÇÕES: TELL(wall, irregularity,
           "In cases of aortic aneurysm, the wall of the aorta is
           often " );
        TELL(aorta, size,
           ". In fact, that is the physical cause of the
           aorta enlargement, since the blood has to force its way
           through the lumen, against the irregular wall surface.
           In this case, the aorta is actually" );
        TELL(NULL, NULL, " . " );

```

Figura 3: Regra ativada pelo diálogo da Figura 2

Esta regra é apenas uma das que pertencem ao conjunto das regras específicas de domínio definidas para explicar conceitos. Sua pré-condição indica que, se o aprendiz violar (**NOT wall_irreg** é verdadeiro) o princípio da irregularidade que existe na descrição da classe de anormalidade *aneurismas da aorta*, então as ações da regra devem ser executadas. O princípio da irregularidade (**wall_irreg**) foi criado pelo autor especialista como uma restrição entre certas características por meio de uma linguagem do paradigma de Lógica Matemática.

Por exemplo, a Figura 4 mostra uma restrição de característica visual em um outro domínio específico definido com ambiente RUI para o ensino de *Cardiomegalia*. O significado da referida restrição de característica é o seguinte: sempre que o ventrículo esquerdo possui tamanho anormal, o coração terá também algum grau de aumento (mas não a situação contrária).

A segunda camada se refere ao nível de produção da descrição abstrata. Com a Ferramenta de Instanciação (*Image Description Tool*), os especialistas do domínio

```

Component left_ventricle Subpart_Of heart
Feature Dimensions
  size = {normal, slightly_enlarged, ..., grossly_enlarged}
Feature Restrictions
  lv_h_abnormal:  $\forall x \forall y \forall z (left\_ventricle(x) \wedge size(x, y) \wedge$ 
                    $\neg(y = "normal") \implies \exists w (heart(z) \wedge size(z, w) \wedge$ 
                    $\neg(w = "normal")))$ 
Teaching Rules
  /*NONE*/
Protection Rules
  tell_heart_size1: if  $\neg lv\_h\_abnormal$  then
    Action
      TELL(left_ventricle, size, "We have identified that the left
        ventricle is");
      TELL(NULL, NULL, "so, the heart is not expected to be
        normal either.");
    End_Action
    Protects_And_Calls tell_heart_size
End_Component

```

Figura 4: Descrição parcial do componente *ventrículo esquerdo* (*left ventricle*) da classe de anormalidade *Cardiomegalia*.

mapeiam as classes de anormalidade existentes em representações específicas que descrevem cada imagem a ser ensinada. Desta forma, a descrição de uma imagem significa a criação de uma instância para qualquer que seja a classe de anormalidade definida na camada anterior.

A terceira camada se refere ao nível de ensino. Representado pela Ferramenta de Aprendizagem (*Learning Tool*), permite a aquisição do conhecimento declarativo (dos princípios do domínio) e do conhecimento experimental, através da interação com o IDB e o GTM, respectivamente. Por exemplo, as Figuras 5 e 6 mostram dois diálogos entre aprendizes simulados e o GTM: o primeiro é no domínio de *Cardiomegalia* e o segundo é no domínio de *Meningiomas* das lesões cerebrais.

Vários trabalhos acrescentaram contribuições ao ambiente RUI, entre os quais: proposta de medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com Sistemas Tutoriais Inteligentes (PIMENTEL; DIRENE, 1998), modelagem (QUAQUARINI; DIRENE; NETO, 2000) e meta-modelagem de aprendizes de conceitos visuais (PIETRU-

- TUTOR: Give a diagnosis for this image.
- STUDENT: The size of the left ventricle is enlarged. The aorta shows signs of calcification.
- TUTOR: The size of the left ventricle appears to be markedly enlarged.
- 5 The aorta as a whole is not calcified. Can you be more specific about which subpart(s) of the aorta is calcified?
- STUDENT: The aortic arch is calcified.
- TUTOR: The aortic arch appears to be slightly calcified. What can you say about the size of the heart?
- 10 STUDENT: The heart size is normal.
- TUTOR: We have identified that the left ventricle is markedly enlarged so the heart is not expected to be normal either. Actually the cardiothoracic ratio is 0.82 giving the heart size markedly enlarged. Which heart chambers are enlarged in this example image ?
- 15 STUDENT: ... the right atrium is enlarged ...
- TUTOR: ... The right atrium is not visible in this image. What justification do you have for saying it is enlarged?
- STUDENT: The superior vena cava is enlarged.
- TUTOR: That's satisfactory ...

Figura 5: Fragmento de diálogo com o GTM sobre Cardiomegalia.

- TUTOR: Give a diagnosis for this case.
- STUDENT: The brain is affected by the lesion. The lesion size is medium.
- TUTOR: Quite right, there is a lesion in the brain. The lesion is of type meningioma. The lesion appears to be large. Which parts of the brain are affected by the lesion?
- 5 STUDENT: The cortical grey is affected by the lesion. ...
- TUTOR: Indeed, the cortical grey appears to be affected by the lesion. ... Do you notice any other indication of meningioma?
- STUDENT: The lesion is necrotic.
- 10 TUTOR: That is not a feature of meningioma. It can be associated with glioma, for example. The image opposite shows a case of glioma where the lesion is necrotic. What do you think the arrows above indicate?
- STUDENT: The lesion is in contact with the pia arachnoid.
- TUTOR: Correct, the lesion appears to be in contact with the pia arachnoid. What do you notice about the margin of the lesion?
- 15 STUDENT: The margin of the lesion is mainly sharp. ...

Figura 6: Fragmento de diálogo com o GTM sobre Meningiomas.

CHINSKI; DIRENE, 2001).

1.3 Contribuição do Trabalho

Este trabalho tem como objetivo propor uma ferramenta e linguagem de autoria para representação de direcionamento didático-pedagógico. Esta ferramenta possibilitará ao autor a utilização de primitivas parametrizáveis para composição gráfica de um mapa de direcionamento didático-pedagógico. A partir deste mapa será possível derivar uma linguagem de autoria de natureza gráfica e textual, a qual permitirá ao autor de curso a criação de diretrizes de ensino para conduzir o aprendiz durante uma sessão instrucional.

O conjunto de primitivas que integra esta proposta é constituído de algumas já existentes no ambiente RUI, a saber: *TELL*, *ASK* e *GRAP_LOC*. As demais primitivas obtidas durante as pesquisas que deram origem a este trabalho foram fruto da observação de aulas de residência radiológica ou identificadas em discussões com especialistas da área.

Deve-se ressaltar que não faz parte do âmbito desta proposta o estudo e aplicação de conceitos da pedagogia educacional clássica. A abordagem ora proposta é baseada em observações empíricas, informações coletadas junto a radiologistas e estudos anteriores que consideravam situações reais de ensino com residentes em radiologia.

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. O segundo capítulo contém uma revisão literária das contribuições semelhantes e relacionadas a este trabalho. O terceiro capítulo apresenta a solução para abordagens pedagógicas proposta. O quarto capítulo discute dois exemplos de aplicação e os mapas produzidos para cada um, cujo conteúdo foi validado pelo especialista.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas Tutoriais Inteligentes

Genericamente, os sistemas dirigidos à Educação podem ser divididos nas classes dos *Computer-Aided Instruction* (CAI) e dos STIs. Os primeiros caracterizam-se por serem estáticos e construídos sem o uso de técnicas de Inteligência Artificial, ao contrário dos STIs, que têm como principal diferencial o dinamismo e o direcionamento da aprendizagem de forma a adaptar-se às necessidades do aluno, além de tentar seguir os conceitos da Psicologia Cognitiva.

Neste contexto, os STIs são representados pela sub-categoria *Intelligent Computer-Aided Instruction* (ICAI), que atualmente é denominada apenas de STI, visto que alguns pesquisadores entendem que os STIs vão além do conceito de agregar inteligência aos sistemas CAI (GIRAFFA, 1999).

O modelo conceitual de STIs clássicos, ilustrado na Figura 7, possui quatro componentes: modelo do domínio, modelo do estudante, estratégias pedagógicas e interface. Encontram-se na literatura algumas propostas de inclusão de um módulo de controle, que funcionaria como articulador e coordenador dos demais módulos a fim de garantir um sincronismo adequado entre todas as partes (GIRAFFA, 1999). Uma proposta diferente é a que engloba a divisão do modelo do domínio em conhecimento do domínio e modelo do especialista. O modelo do especialista representaria como é o desempenho do perito e qual o seu método de resolução de problemas (BECK; STERN; HAUGSIAA, 1996).

Outra característica considerada relevante que vem sendo proposta em arquiteturas é a possibilidade de STIs adaptarem suas instruções não apenas de acordo com o estado cognitivo do estudante, mas também considerando o seu estado motivacional (VICENTE; PAIN, 1998). Para contemplar esta funcionalidade, seriam adicionados dois módulos novos, o modelador de motivação e o planejador motivacional. Para isso, é necessário tratar do diagnóstico da motivação, através de canais de comunicação que ofereceriam a informação necessária para realizar esta tarefa (VICENTE; PAIN, 1998).

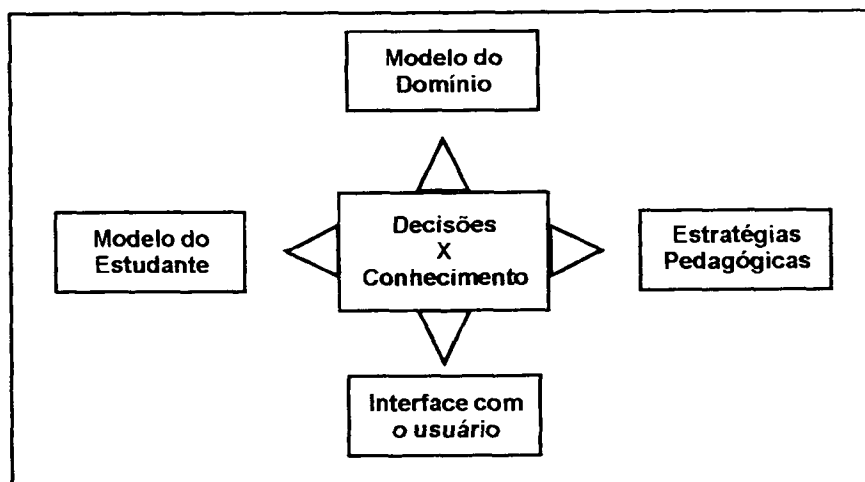


Figura 7: Aspectos básicos na comunicação do conhecimento (WENGER, 1987)

No caso dos humanos, os canais disponíveis são muitos (por exemplo: comunicação verbal, olhos, mãos, postura, ritmos do corpo e toque) mas nem todos são sempre necessários. Há argumentos de que componentes motivacionais são tão importantes quanto os cognitivos nas estratégias de tutoria e que benefícios importantes surgiriam da consideração de técnicas para criar tutores que possam reproduzir empatia, ou habilidade de detectar as emoções das pessoas (VICENTE; PAIN, 1998).

Vicente propõe algumas formas de tornar o computador apto a detectar o estado motivacional do estudante, como disponibilizar ao tutor informações extras sobre este aprendiz (colhidas em testes de aptidão, escalas de medidas motivacionais ou avaliações dos professores) ou ainda permitir que o computador pergunte diretamente ao aluno se ele gostaria de ajuda, se prefere problemas mais fáceis ou mais difíceis, por exemplo (VICENTE; PAIN, 1998).

A utilização de medidas cognitivas é indicada por (PIMENTEL; DIRENE, 1998) para tornar o ensino uma ação mais personalizada e por conseguinte, despertar a motivação do aluno, permitindo a aplicação de estratégias pedagógicas que mais se adaptam ao aprendiz, tentando corrigir suas falhas, mantendo-o motivado e tornando o aprendizado mais veloz.

A seguir estarão descritos os elementos presentes na maioria dos modelos de STIs. A seção 2.1.1 trata das questões que envolvem a construção do modelo do

domínio. Na seção 2.1.2 faz-se uma abordagem sobre o modelo do estudante. A seção 2.1.3 relata aspectos ligados às estratégias pedagógicas e a seção 2.1.4 analisa os pontos relacionados à interface com o usuário.

2.1.1 Modelo do domínio

Nos sistemas CAI, o conhecimento a ser transmitido está contido em blocos previamente armazenados, normalmente chamados de *frames*, que são projetados por um especialista e simplesmente apresentados ao estudante. Em STIs, o modelo do domínio deve ser capaz de oferecer dinamismo para o processo de ensino-aprendizagem (WENGER, 1987). De maneira mais detalhada, o modelo do domínio deve ser capaz de desempenhar duas funções: agir como a fonte do conhecimento a ser apresentado, gerando explicações e respostas, bem como tarefas e questões e também servir como padrão para avaliar o desempenho do estudante (WENGER, 1987).

Em essência, este modelo é um mapa do conhecimento a ser transmitido pelo STI (SHUTE; TORREANO; WILLIS, 1998). Para realizar a elicitación deste conhecimento que compõe o domínio do tutor, algumas formas de adquirir informações são utilizadas como: entrevistas, verbalizações, observações do especialista durante a realização de sua tarefa, técnica do “pensar em voz alta”, que trata-se da verbalização do pensamento durante a solução do problema, entre outras.

Alguns problemas são encontrados durante o processo de construção do modelo do domínio, tais como a maneira de representar a informação, como estruturar o conhecimento no STI para facilitar seu acesso, alteração e organização.

Esta estrutura do conhecimento a ser ensinado pelos STIs denomina-se currículo. Existem quase tantos modelos de currículo quanto existem STIs e cada um usa uma teoria instrucional diferente para representação do conhecimento (DUFFORT, 1998). O currículo deve ser visto como uma estrutura dinâmica e que se adapta às necessidades do aluno, ao assunto e aos objetivos pedagógicos.

A fim de facilitar a integração do conhecimento, Khuwaja e Patel (1996) propõem o uso de múltiplos modelos do domínio. As informações para construção dos modelos seriam obtidas através de entrevistas com vários especialistas. Estes múltiplos

modelos ofereceriam várias perspectivas e abordagens do assunto e iriam detectar não somente o que cada especialista ensina, mas também a forma como cada um transmite um determinado tópico do conhecimento.

Para obter algum meta-conhecimento sobre os exemplos de uma base de conhecimento, Pimentel e Direne (1998) propõem a utilização de medidas cognitivas, as quais seriam também um elo importante entre o modelo do domínio e o modelo do estudante de STIs. Apresentam tais autores, inclusive, medidas de relevância cognitiva para se ordenar uma base de exemplos de imagens radiológicas segundo uma escala crescente de complexidade.

2.1.2 Modelo do estudante

O modelo do estudante é o componente que armazena informações sobre o estudante, as quais refletem a crença do sistema em um estado de conhecimento do aluno num dado momento (BECK; STERN; HAUGSIAA, 1996).

Considerando o projeto ideal, o modelo do estudante deve incluir aspectos do comportamento do estudante e seu conhecimento que repercutam em seu desempenho e aprendizado. Dessas informações e da sua precisão depende a adaptabilidade do sistema (WENGER, 1987).

O objetivo do modelo é portanto o de personalizar o trabalho conforme as diferenças individuais de cada usuário, tentando reproduzir o tipo de aluno que está interagindo com o sistema através da utilização de diversas técnicas de modelagem. Estas técnicas abrangem desde modelos estereotipados simples até modelos sofisticados envolvendo estados mentais (GIRAFFA, 1999).

O modelo do estudante é um dos principais componentes de STI, pois avalia o seu desempenho, tentando determinar suas concepções, idéias erradas ou mal formadas e as causas desses erros, sendo sua função primária a de interpretar o comportamento do estudante (REYES, 1998). É usado para direcionar as decisões instrucionais a fim de tornar o sistema adaptável aos alunos (SHIRI; AÏMEUR; FRASSON, 1998).

O processo de formação e atualização do modelo do estudante pela análise

de dados disponíveis pelo sistema é chamado de diagnóstico (WENGER, 1987). Um ponto importante a ser considerado é que é necessário que o modelo do aluno seja projetado para conter informações que realmente serão utilizadas pelos STIs, pois Russel afirma que os projetistas têm tendência a incluir mais informações do que o módulo pedagógico pode usar (RUSSEL, 1988).

2.1.3 Estratégias pedagógicas

Este módulo é responsável por tomar as decisões globais, que afetam a seqüência das instruções e decisões locais, como a escolha do momento apropriado para intervir ou interromper o aluno (WENGER, 1987). Sua funcionalidade é a de oferecer um modelo do processo de ensino, com informações sobre quando fazer uma revisão do conteúdo, quando apresentar um novo tópico e o que apresentar, baseado no modelo do estudante, que fornecerá os dados de entrada para que o modelo pedagógico adapte-se às necessidades de cada aluno (BECK; STERN; HAUGSIAA, 1996).

De maneira mais detalhada, as estratégias de ensino contêm a forma de comportamento que o sistema vai utilizar para auxiliar o aluno a consolidar o conhecimento, que pode ser mais ou menos diretiva dependendo dos objetivos educacionais do programa (GIRAFFA, 1999).

Em um sistema idealmente transparente, o comportamento pedagógico pode ser armazenado em termos de princípios gerais expressos de forma declarativa, o que criaria um potencial para os sistemas se adaptarem e melhorarem suas estratégias no decorrer do tempo, além de tornar-se um componente generalizado o suficiente para ser reutilizado em outros domínios (WENGER, 1987).

Um aspecto interessante é a utilização de meta-estratégias de ensino por STI, ou seja, a utilização de múltiplas estratégias e a seleção mais adequada para determinada situação. Apesar dos ganhos de qualidade que isso proporcionaria ao sistema, implementar esta característica é uma tarefa comprovadamente difícil, haja vista que a maioria dos sistemas não identifica explicitamente qual estratégia está usando, apenas implementa uma delas implicitamente (BECK; STERN; HAUGSIAA, 1996). Outro obstáculo apresenta-se imposto pelos outros componentes dos STIs, em particular a dificuldade

de representar o conhecimento. Por exemplo, o método socrático requer a utilização de conhecimento de “senso comum”, além do que estiver representado no modelo do domínio que, aliás, é um problema de muitas áreas da Inteligência Artificial e não somente dos STIs.

2.1.4 Interface com o usuário

É a parte dos STIs que processa o fluxo de entrada e saída de comunicação, realizando a tradução bidirecional entre a representação interna do sistema e uma linguagem de interface compreensível ao estudante (WENGER, 1987). Apesar de geralmente ser considerado um componente secundário, sua importância prática para o sucesso da comunicação do conhecimento pode ser entendida em dois níveis. Primeiro, na finalização da forma na qual o sistema apresenta um tópico, a interface pode interferir no entendimento do assunto, bem como na facilidade de uso e atração que podem ser cruciais para a aceitação do sistema pelo estudante. Segundo, porque as inúmeras opções oferecem ferramentas cada vez mais sofisticadas com um poder comunicativo que pode direcionar o projeto do sistema como um todo (WENGER, 1987).

Com o propósito de automatizar certas decisões tomadas pelo módulo de interface com o usuário, os pesquisadores têm incorporado conhecimento sobre alguns princípios e heurísticas em seus STIs (WENGER, 1987).

Uma característica presente em muitas ferramentas de autoria é a tentativa de proporcionar ao aluno a interação com o sistema através da interface em linguagem natural. Para isto muitas técnicas são adotadas. Ravenscroft e Pilkington (2000) apresentam uma abordagem com foco em análise de modelos de interação, realizando um refinamento para torná-los computacionalmente tratáveis. A pesquisa busca, ainda, avançar na direção de identificar que tipos de diálogos são importantes para conduzir a mudanças conceituais significativas no aluno ou no desenvolvimento de habilidades de raciocínio.

2.2 Ferramentas de Autoria

Conforme visto anteriormente, construir STIs não é tarefa simples. Segundo Murray (1999), estima-se que a produtividade é de aproximadamente trezentas

horas de desenvolvimento para proporcionar uma hora de interação do usuário com o sistema.

Levando em conta a dificuldade existente para se produzir STIs, pelo menos teoricamente, e o fato de que freqüentemente pode ocorrer a necessidade de alterações no decorrer do desenvolvimento ou após o seu término, chegar-se-ia à conclusão de que projetar ou pesquisar sobre STIs não é tarefa compensadora.

Com isso, considerando a complexidade, o tempo e o custo de produção, as ferramentas de autoria apresentam-se como a alternativa ideal para a produção de STIs em larga escala, satisfazendo a necessidade de ampliação e alteração do conteúdo e forma dos STIs com um índice de produtividade bastante superior.

Uma ferramenta de autoria representa criar uma estrutura generalizada, que permita a elaboração e alteração de STIs. Dessa forma, percebe-se a sua complexidade. Todavia, comparando os esforços exigidos para desenvolver um STI e uma ferramenta de autoria com as vantagens oferecidas por cada um, chega-se novamente à conclusão de que o investimento na construção de ferramentas de autoria proporciona diversos benefícios, tais como o aumento da produtividade e a facilidade de manutenção dos STIs desenvolvidos.

O grau de flexibilidade da ferramenta de autoria é variável. Quanto maior este grau, mais genérica é a ferramenta e em contrapartida mais complexa será a sua construção. Algumas ferramentas possibilitam maior liberdade na organização do conhecimento do domínio, outras enfatizam as estratégias pedagógicas, ou a personalização da interface. Murray (1999) apresenta uma classificação dos ferramentas de autoria em sete categorias, com base nos pontos fortes de cada um:

1. Seqüenciamento e planejamento de currículo;
2. Estratégias de tutoria;
3. Simulação de dispositivos e treinamento para equipamentos;
4. Sistemas especialistas e tutores cognitivos;
5. Múltiplos tipos de conhecimentos;

6. Propósito específico;
7. Hipermissão inteligente ou adaptativa.

A categoria 1 enquadra os sistemas que possuem como principal característica a organizaçaõ hierárquica do conteúdo, em unidades relacionadas entre si como pré-requisito, partes, entre outros. Para o estudante, não há diferença entre os sistemas construídos com ferramentas deste tipo e os tradicionais, porque seu diferencial é justamente adaptar a seqüência do que vai sendo apresentado de acordo com o desempenho do aluno.

As ferramentas de autoria pertencentes à categoria 2 dão ênfase às decisões pedagógicas como: quando e de que forma dar explicações, exemplos, dicas, *feedback*.

A categoria 3, relacionada com simulação de dispositivos, abrange o tipo de *software* que apresenta ao estudante questões para identificar os componentes dos dispositivos, operar os equipamentos, realizar manutenção ou reparos. Eles seguem a abordagem de “aprender fazendo”.

A categoria 4 engloba os sistemas cujo domínio do especialista é modelado através de regras e o aluno é diagnosticado em detalhes para em uma etapa posterior ser possível comparar o conhecimento do estudante com o modelo do especialista.

Os sistemas agrupados na categoria 5 suportam a definição de conhecimento de acordo com as classes: fato, conceito e procedimento; orientando o ensino com base nesta classificação.

Sistemas de propósito específico, classificados na categoria 6, compreendem aqueles que restringem ou especializam-se em certos domínios.

Finalmente, a categoria 7 abrange os sistemas que possuem funções específicas para gerenciamento dos *hyperlinks* entre as unidades de conteúdo.

2.2.1 Autoria de modelos pedagógicos

Dentre as ferramentas de autoria existentes, observa-se que diversas não tratam da questão da autoria dos modelos didático-pedagógicos. Isto acontece devido ao

fato de que a representação do conhecimento pedagógico, juntamente com a informação do domínio são as mais trabalhosas tarefas na construção de STIs (MURRAY, 1998).

Tratando-se especificamente de tutores inteligentes, podemos citar dois projetos cujo objetivo é o estudo e implementação de estratégias pedagógicas: GUIDON e SOPHIE.

O sistema GUIDON (CLANCEY, 1987) foi construído utilizando-se o sistema especialista MYCIN, para o domínio do diagnóstico de infecções causadas por bactérias. Avaliar a utilidade pedagógica do MYCIN e tentar expressar estratégias de tutoria independentes de domínio eram as metas deste projeto. Um conjunto de regras constituía o módulo tutorial, baseado no método de casos, em que estabelecia-se um diálogo para apresentar casos específicos em um contexto realístico de solução de problemas (WENGER, 1987).

O projeto SOPHIE (*SOPHisticated Instructional Environment*) (BROWN; BURTON; KLEER, 1982) possuía como propósito pedagógico oferecer um ambiente de aprendizado reativo no qual o estudante pudesse testar suas idéias, receber críticas e avisos. Três sistemas progressivamente incrementados foram construídos:

- SOPHIE I: representava um laboratório automatizado de simulação de circuitos com um instrutor fazendo críticas inteligentes. Entretanto, este não toma muitas iniciativas pedagógicas, pois não possui modelo do estudante nem conhecimento explícito das estratégias;
- SOPHIE II: neste sistema é adicionado um “especialista” para resolver problemas, que realiza esta tarefa em circuitos problemáticos. Segue uma árvore de decisão parametrizada na qual múltiplos níveis de explicações pré-armazenadas estão amarradas aos nós;
- SOPHIE III: foi projetado para ser o núcleo de um ambiente pedagogicamente ativo, centrado nas necessidades de aprendizado do usuário; este sistema permite até mesmo que o aprendiz faça perguntas hipotéticas ao tutor.

Quanto às ferramentas de autoria que possibilitam a modelagem de aprendizes, destacam-se COCA, REDEEM, RIDES e Eon.

COCA (*CO-operative Classroom Assistant*) usa uma representação baseada em regras e o autor utiliza menus para especificar as condições e ações (MAJOR; REICHGELT, 1991). As decisões são tomadas no decorrer da sessão instrucional através de controles heurísticos definidos pelo usuário durante a autoria (QUAQUARINI; DIRENE; NETO, 2000).

REDEEM foi o sucessor do sistema COCA e possui um conjunto de estratégias pré-definidas, para garantir a usabilidade. O autor pode ajustar parâmetros para personalizá-las e selecionar condições de aplicabilidade para as ações de ensino (MAJOR; AINSWORTH, 1997). Esta funcionalidade de parametrização é denominada por Murray de meta-estratégias. A fim de facilitar o processo de autoria tais parâmetros possuem valores padrão pré-definidos.

A ferramenta de autoria RIDES aplica-se a simulação de dispositivos e treino para utilização de equipamentos. É uma ferramenta de autoria de propósito específicos e possui recursos limitados para representação de múltiplas estratégias de ensino (MUNRO, 1997).

Eon é constituído de um conjunto de ferramentas para autoria do conteúdo, estratégia pedagógica, modelo do estudante e interface (MURRAY, 1998). A ferramenta de modelagem de ensino possui um editor de estratégias que permite a representação do conhecimento estratégico de forma gráfica através da construção de linhas de fluxo. Os recursos pedagógicos disponíveis para serem utilizados são:

- reprodução de sons;
- apresentação de mensagens;
- exibir/ocultar elementos da tela;
- controles da linha de fluxo: executar *scripts*, executar outra linha de fluxo, retornar de outra linha de fluxo, comandos de decisão e iteração;
- reprodução de animações;

Assim como no REDEEM, as meta-estratégias são definidas no Eon através de parametrização e condições de aplicabilidade.

2.2.2 Autoria de modelos de aprendizes

Obter o maior número possível de informações sobre o conhecimento do estudante é o objetivo da modelagem do aprendiz, para poder propiciar instruções condizentes com o seu conhecimento de maneira eficiente.

A modelagem genérica de estudantes, independente de domínio, é extremamente complexa e raros são os sistemas que abordam esta questão (QUAQUARINI; DIRENE; NETO, 2000).

Algumas das ferramentas clássicas que, de maneira independente do domínio, modelaram o aprendiz de alguma forma são:

- PIXIE (SLEEMAN, 1987): é uma *shell* STI cujo princípio básico de modelagem de estudante adotado é a geração de regras de erros pela reconstrução heurística do processo de resolução de problemas do estudante;
- UMFE (SLEEMAN, 1985) (*User Modeling Front-End*) é um projeto com o objetivo de construir um sistema de modelagem independente de domínio. Este sistema seria acoplado a um sistema complexo e filtraria o que fosse enviado ao usuário conforme seu conhecimento. O método de modelagem é simples, *overlay*, em que o conhecimento do aluno é considerado como subconjunto de um estado de conhecimento ótimo ou de um especialista e o processo de diagnóstico do estudante é interativo (WENGER, 1987);
- FLAMA (CURY; DIRENE; OMAR, 1998): baseia-se nos conceitos de estereótipos e oráculos para STIs em conceitos visuais. É proposto um “espaço de aprendizagem”, que trata-se de um mapeamento entre os estereótipos e atributos dos aprendizes e as regras de produção do espaço pedagógico;

- Eon (MURRAY, 1998): utiliza uma variação do modelo do estudante *overlay*, que inclui valores de desempenho de especialistas correspondentes a cada tópico. O modelo do estudante do Eon pode ser usado como uma biblioteca de erros, identificando as deficiências comuns;
- SIGMA (QUAQUARINI; DIRENE; NETO, 2000): Sistema Interpretador Genérico do Modelo do Aprendiz é uma ferramenta direcionada ao ensino da radiologia médica. Foi desenvolvido para atuar sobre o GTM do ambiente RUI (DIRENE, 1997). Implementa a modelagem dinâmica dos aprendizes através dos conceitos do domínio da radiologia e a noção de CIP, pela distribuição de estereótipos de aprendizes em uma curva padrão de aprendizado de especialidades predominantemente práticas;
- FEMEA (PIETRUCHINSKI; DIRENE, 2001): Ferramenta para Modelagem das Estratégias dos Aprendizes auxilia na criação de metamodelos de aprendizes pela definição do conjunto de estereótipos que definem as capacidades dos alunos no decorrer do período de treinamento.

2.2.3 Outros aspectos relevantes para ferramentas de autoria

Em princípio, definir o usuário da ferramenta de autoria e as habilidades que ele deverá ter é de extrema importância para o projeto de qualquer ferramenta de software, especialmente de um sistema tutor. Geralmente, a usabilidade é inversamente proporcional à flexibilidade (MURRAY, 1998) e portanto quanto mais possibilidades a ferramenta de autoria oferecer, mais será exigido do autor. Sparks (1999) argumenta que o preço a ser pago pela flexibilidade é proporcional à complexidade. De qualquer forma, não se espera que a ferramenta possa ser utilizado por qualquer pessoa sem o mínimo de treinamento para tal, do mesmo modo que nem toda pessoa é capaz de escrever um livro sobre sua área de especialidade (MURRAY, 1998).

Apesar dos fatores acima citados, busca-se o ideal de exigir o mínimo de

treinamento do usuário e tornar a ferramenta o mais flexível possível. O principal ponto é que o autor deverá ter um conhecimento razoável da estrutura representacional e do processo de projeto do sistema para que este seja produzido com qualidade.

A adição de um componente de modelagem do instrutor à arquitetura da ferramenta de autoria é indicada por Virvou e Moundridou (2001) como algo benéfico para a qualidade do produto final e também para melhorar a interação do autor com o sistema. Este componente poderia coletar informações sobre as preferências, interesses e atividades usuais relacionadas aos cursos criados por cada autor e utilizá-las proporcionando *feedback* adequado.

Em relação às técnicas de Inteligência Artificial utilizadas tanto no modelo do domínio quanto no modelo do estudante, Murray (1998) argumenta que devem ser empregadas com cautela, pois, embora proporcionem poder de inferência, reduzem a usabilidade do sistema. Além disso, passa a ser necessário garantir a completude do conteúdo, uma vez que não é raro ter que controlar aspectos ligados à não factibilidade de elicitar todo o conhecimento necessário a um sistema tutor.

A respeito das estratégias pedagógicas, observando o comportamento de tutores humanos, nota-se que o estilo de ensino não é estático, adaptando-se às características dos estudantes. Esta constatação comprova a importância da utilização de múltiplas estratégias de ensino, que por sua vez seriam seguidas conforme as decisões das meta-estratégias (MURRAY, 1998).

No que se refere à representação do conhecimento pedagógico, alguns dos princípios relevantes apontados por Murray são:

- a) o conhecimento do domínio deve estar organizado em uma estrutura modular;
- b) possibilitar a organização do conhecimento de maneira hierárquica, em que as novas informações se relacionem com as anteriores, com o traçado de um caminho bem definido;
- c) definição de objetivos instrucionais (MURRAY, 1998).

Outra questão importante é a definição de ontologias. Uma ontologia é um modo particular de descrever o mundo ou algum domínio, conceituando os objetos e relacionamentos existentes entre eles (MURRAY, 1998). Poder editar ou expandir a ontologia da ferramenta de autoria é uma característica que está em conformidade com os princípios da usabilidade, contribuindo, obviamente, para a flexibilidade geral da ferramenta.

Finalmente, é importante somar aos aspectos anteriormente citados a possibilidade de visualizações esquemáticas do sistema que está sendo construído. Murray (1999) enfatiza que talvez o melhor meio para ajudar os autores a compreenderem grandes quantidades de conhecimento interconectado de maneira complexa é com poderosas ferramentas de visualização.

3 UMA ABORDAGEM PARA AUTORIA DE DIRETRIZES PEDAGÓGICAS

Neste capítulo é apresentada a proposta de abordagem didático-pedagógica, iniciando com os conceitos que fundamentam este trabalho, explanados na seção 3.1. As características da linguagem de autoria são apresentadas na seção 3.2. Algumas questões importantes no que tange ao aspecto de ferramentas são discutidas na seção 3.3. A ferramenta de autoria CHAPLIM é detalhada na seção 3.4.

3.1 Conceitos

A vertente de aplicação deste trabalho é direcionado para a Radiologia médica, com o intuito de propor uma solução para abordagens didático-pedagógicas dirigidas à aquisição da perícia na área. A perícia em alguma área do conhecimento é obtida através da prática, geralmente desenvolvendo-se de forma lenta e progressiva. Entretanto, como qualquer tipo de conhecimento, seja factual, experimental ou outro qualquer, não pode ser vista como uma unidade indivisível. Ao contrário, é composta de habilidades menores, que vão sendo aprimoradas.

Neste sentido, Quaquerini, Direne e Neto (2000) sugerem que a perícia radiológica seja quebrada em componentes, tratados isoladamente. Em vista disso, seria possível ensinar um residente em Radiologia por meio do treinamento de cada uma das suas capacidades de maneira separada, assim denominadas de Capacidades Isoladas da Perícia (CIPs).

Os componentes da perícia radiológica já catalogados (PIMENTEL; DIRENE, 1998; QUAQUARINI; DIRENE; NETO, 2000; PIETRUCHINSKI; DIRENE, 2001; DIRENE; SCOTT, 2001) são:

- a) Mapeamento automático 2D-3D: a partir da visualização de uma imagem em duas dimensões, cria-se uma imagem mental, em três dimensões, da parte do corpo humano representada na imagem;
- b) Descoberta de traços pálidos (raciocínio discriminador): busca-se por

- detalhes específicos na imagem que contribuam para a decisão do diagnóstico;
- c) Determinação de traços invisíveis: a partir da presença de anormalidades visíveis, é possível saber o estado de anormalidades que não estão visíveis na imagem, por estarem encobertas;
 - d) Detecção de características desproporcionais: desenvolve-se a habilidade de descrever qualitativamente as partes da anatomia que estão com tamanhos desproporcionais;
 - e) Perspectiva de evolução de anormalidades: capacidade de prever qual será o processo evolutivo de uma anormalidade, quais as estruturas anatômicas que podem ser afetadas e as conseqüências possíveis;
 - f) Expressar relações lógicas: habilidade em expressar frases que contêm expressões lógicas;
 - g) Diagnóstico diferencial: deve ser possível apresentar mais de um diagnóstico para um exame radiológico, sendo o primeiro o mais provável. Em alguns casos, é inevitável chegar-se a uma classe de anormalidades prováveis, porque a imagem não fornece informações suficientes para concluir o diagnóstico e será então necessário outros exames para emissão de um laudo mais preciso (DIRENE; SCOTT, 2001);
 - h) Seleção de características discriminatórias: habilidade de escolher o conjunto de características que permite a decisão do caso em uma única classe de anormalidade;
 - i) Vocabulário Técnico: utilização de termos técnicos específicos ao invés de vocabulário leigo;
 - j) Consistência do raciocínio qualitativo/quantitativo: expressão consistente e completa das relações lógicas entre as características visuais da imagem;

- k) Identificação de valores com tolerância: especificação de faixas de valores de acordo com o que é apresentado pela radiografia.

A escolha das imagens que foram utilizadas como base de exemplos neste trabalho considerou imagens que requerem principalmente as CIPs apresentadas como diagnóstico diferencial e seleção de características discriminatórias. Esta opção levou em conta que ambas podem ser vistas como complementares em casos de imagens radiológicas atípicas, em que os exemplares são de naturezas facilmente confundíveis. Sendo assim, exige-se do aluno aptidão nestas duas capacidades para a definição do diagnóstico, caso isto seja possível sem a necessidade de exames adicionais.

A capacidade de diagnóstico diferencial pode ser sintetizada como a habilidade de fornecer mais de um diagnóstico, sendo o primeiro o mais provável. Esta capacidade é extremamente importante em casos onde existe a impossibilidade de enquadrar o exemplar em uma única classe de anormalidade baseando-se somente nos dados clínicos e nas imagens. Uma outra definição refere-se ao fato de que nestes casos, todas as características visuais que poderiam decidir o diagnóstico são comuns a mais de uma classe de anormalidade, conforme mostra a Figura 8.

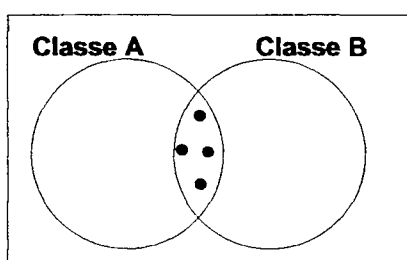


Figura 8: Esquema da CIP diagnóstico diferencial

Em alguns exemplares de exames radiológicos de natureza facilmente confundível, mas possíveis de serem enquadrados em uma única classe de anormalidade, nota-se que há algumas características visuais situadas na intersecção de duas ou mais classes de anormalidades. Entretanto, é possível destacar um ou mais detalhes na imagem que definem o diagnóstico, sendo observados em apenas uma doença. A Figura 9 ilustra exemplares desta natureza, em que o conjunto discriminatório é representado pelas características C1, C2 e C3. A CIP que está relacionada à identificação deste conjunto

de características que distingue a imagem é denominada de Seleção de Características Discriminatórias.

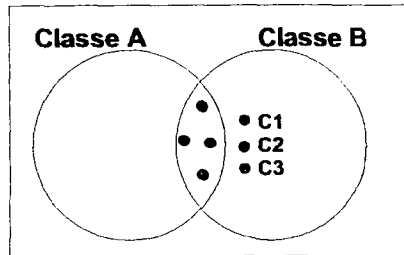


Figura 9: Esquema da CIP seleção de características discriminatórias

A perspectiva adotada para solucionar a questão da abordagem pedagógica baseia-se em diretrizes e primitivas pedagógicas parametrizáveis. Estas primitivas representam ações simples que o tutor pode tomar com o intuito de guiar o aprendiz, ou estimular seu raciocínio durante o aprendizado. Entre as primitivas podemos citar: falar, perguntar ou exibir uma imagem. No contexto deste trabalho, entende-se por diretrizes pedagógicas um conjunto de primitivas que serve como orientação para o tutor realizar uma sessão de treinamento com um aprendiz residente em radiologia.

Três das primitivas que fazem parte do conjunto desta dissertação se originaram do ambiente RUI. Elas foram utilizadas no nível conceitual de autoria do referido ambiente para especificar a representação de partes anatômicas que devem ser estudadas durante a leitura das imagens radiológicas. (DIRENE, 1997)

A metodologia de trabalho seguida para desenvolver este projeto de pesquisa fundamentou-se principalmente em experiências empíricas através do acompanhamento de aulas de médicos residentes em Radiologia no Hospital Universitário da Universidade Estadual de Londrina, Paraná, sob a orientação do professor Dr. José Renato Benette Jerônimo.

Uma das grandes dificuldades deste trabalho foi encontrar um especialista que tivesse disponibilidade para fornecer informações específicas do domínio radiológico e acompanhar o desenvolvimento desta proposta. Isto deve-se tanto devido ao comprometimento necessário por um longo período, quanto à própria intensa rotina de trabalho dos médicos radiologistas nos hospitais e clínicas. Além disso, de uma forma geral, extrair o

conhecimento do especialista foi um processo difícil, em que tínhamos que induzir certas interpretações para desencadear uma discussão que levasse à obtenção das informações desejadas. Os principais métodos de abordagem utilizados com os especialistas para a elicitación do conhecimento foram:

- observação naturalística de aulas de radiologia;
- entrevistas com assuntos programados;
- coleta de casos específicos como exemplos para a modelagem de parâmetros pedagógicos.

Posteriormente, foram realizadas várias entrevistas e discussões com o médico radiologista Dr. Omar Gemha Taha, da clínica de diagnóstico por imagem Ultramed, em Londrina, que forneceu as informações específicas do domínio imprescindíveis para a realização desta pesquisa.

O método de extração de conhecimento do especialista baseou-se fundamentalmente em entrevistas. As informações provenientes das entrevistas foram analisadas e tomadas como base para compor as primitivas pedagógicas e seus parâmetros, bem como os outros conceitos que dão embasamento a este trabalho.

Ao ser questionado sobre a abordagem pedagógica, o especialista evidenciou a questão da impossibilidade de seguir uma seqüência rígida no ensino, enfatizando inclusive que deve haver uma seqüência heurística, baseada nas reações do aluno e no caso que está sendo estudado.

Concluiu-se, desta forma, que ao invés de simplesmente enumerar diretrizes pedagógicas compostas de um conjunto de primitivas, ou mesmo apresentá-las em uma configuração com seqüência determinada, construir um mapa de direcionamento didático-pedagógico (MDDP) representaria a sugestão de múltiplas alternativas de ação. A escolha da melhor atitude seria realizada considerando as possíveis reações do aluno, bem como as suas diferenças individuais de raciocínio.

Neste sentido, o mapa tem como principal objetivo sugerir diretrizes pedagógicas que possam ser utilizadas em diferentes contextos, de forma personalizada.

Buscou-se representar, deste modo, o comportamento dinâmico do tutor humano, que possui uma capacidade de adaptação face às diversas situações que podem ocorrer, dependendo das reações dos estudantes. Esta característica comportamental do tutor pode ser demonstrada em diálogos extraídos de sessões de treinamento apresentadas por Direne e Scott (2001).

3.2 Linguagem

A solução para abordagens pedagógicas ora proposta fundamenta-se em uma linguagem de autoria constituída de componentes textuais e gráficos, que permite a definição de mapas de direcionamento didático-pedagógico (MDDP). Estes mapas são representações diagramáticas compostas de primitivas pedagógicas cujo objetivo é servir de orientação para o tutor durante o ensino.

Durante o processo de levantamento das primitivas necessárias, verificou-se a demanda por aquelas que representassem estritamente aspectos radiográficos (além de radiológicos) e clínicos. Desta forma, o conjunto de primitivas desta dissertação compõe-se de algumas que foram enumeradas durante a pesquisa de campo junto aos especialistas e outras que já fazem parte do ambiente RUI. A linguagem de autoria permite que estas primitivas sejam parametrizáveis.

As primitivas existentes no ambiente RUI abrangem aspectos radiológicos, uma vez que os parâmetros para elas definidos estão inseridos no contexto da radiologia médica. Nesta proposta, faz-se uma extensão com acréscimo de detalhes radiográficos, os quais consideram particularidades próprias da aquisição e ajustes das imagens. Isto foi necessário devido ao fato de que o método utilizado como base de aplicação deste trabalho é a ultrasonografia.

O ultrassom é um tipo de exame realizado pelo próprio médico, ao contrário de outros, como o raio-X, que geralmente são realizados por técnicos em radiologia (radiografistas) e posteriormente analisados pelo especialista (radiologista). Devido a este motivo, faz parte da aquisição da perícia radiológica a formação da imagem, que torna-se, segundo o especialista consultado, humano-dependente, pois o método de aquisição é dinâmico, sendo que os ajustes são influenciados pelo médico, pelo paciente e pelo equi-

pamento utilizado.

Com esta ampliação do escopo dos parâmetros e adição de aspectos radiográficos, há uma contribuição deste projeto de pesquisa não apenas no plano da modelagem de ensino, mas também na modelagem do domínio do ambiente RUI, promovendo a extensão de sua linguagem de autoria no nível conceitual para a representação de conhecimento sobre as imagens e sobre os aspectos pedagógicos (tutoramento).

Estas primitivas serão utilizadas no nível conceitual do ambiente RUI, pela ferramenta de especificação, que baseia-se em classes de anormalidade. Para cada classe o autor deve definir uma estrutura hierárquica que descreva as estruturas anatômicas envolvidas, modelo semelhante a uma descrição orientada a objeto. Feito isto, o autor determina os elementos de representação do domínio e as regras de ensino para cada componente anatômico da estrutura. As regras de ensino são estendidas nesta proposta pois atualmente compõem-se apenas das primitivas *ASK*, *TELL* e *GRAP_LOC* (DIRENE, 1997).

Quando o aprendiz interage com a ferramenta de ensino no modo de diálogo do ambiente RUI (GTM), esta ativa as regras definidas pelo autor com a ferramenta de especificação (*teaching rules* e *protection rules*), além de um outro mecanismo que tem como propósito permitir que o tutor inicie a discussão de valores de características visuais para um determinado componente anatômico. Este mecanismo é denominado de *default teaching actions* e é ativado quando o interpretador de diálogo não encontra uma regra específica relacionada à característica do componente anatômico que está sendo discutida (DIRENE, 1997).

As primitivas que compõem esta ferramenta são as seguintes:

- a) *TELL*: Esta primitiva já estava definida no ambiente RUI e possui como parâmetros característica visual, componente anatômico e texto. Relaciona-se à ação didática de explicar algo ao aluno, por meio de uma afirmativa;
- b) *ASK*: Esta primitiva também foi especificada no ambiente RUI e possui os mesmos parâmetros da primitiva *TELL*. Está relacionada à ação

- didática de questionar o aluno sobre algo;
- c) *GRAP_LOC*: Esta primitiva também foi especificada no ambiente RUI e possui como parâmetros característica visual e componente anatômico. Refere-se ao localizador gráfico que aponta para a característica visual da imagem carregada;
 - d) *SHOW_IMAGE*: Indica que uma imagem a ser estudada deve ser exibida para o aprendiz analisar. Possui como parâmetro a classe de anormalidade e a complexidade;
 - e) *SHOW_SAME_CLASS_EXAMPLE*: Sua função pedagógica é apresentar um exemplar da mesma classe de anormalidade que o que estiver sendo analisado para que o aprendiz possa comparar características visíveis em cada uma das imagens. Possui como parâmetro a complexidade da solução do problema que a imagem expressa;
 - f) *SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE*: Tem como função pedagógica apresentar um exemplar da classe de anormalidade distinta daquela que estiver sendo analisada para que o aprendiz possa identificar características visíveis em apenas uma das imagens. Esta nova imagem a ser apresentada refere-se a um exemplar facilmente confundível com o atual. Parâmetros: classe de anormalidade semelhante e complexidade do exemplar corrente;
 - g) *GET_IMAGE*: Tem como objetivo despertar a atenção do aluno para a importância de detalhes relacionados à aquisição e formação da imagem ultrasonográfica, pois especifica ajustes no aparelho e modo de realização do exame. Parâmetros: frequência, tipo de transdutor e abordagem.
 - h) *IMPROVE_IMAGE_QUALITY*: Está relacionada com uma melhor visualização da imagem ultrasonográfica e conseqüentemente a uma

melhor leitura da imagem. Parâmetros: ganho ou TGC (*Time Gain Compensation*), ponto focal e contraste;

- i) *TELL_ABOUT_NEW_EXAMPLE*: Esta primitiva tem a mesma função didática da primitiva *TELL*, exceto pelo fato de que a explicação exibida refere-se ao exemplar recém mostrado ao aprendiz, pelas primitivas *SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE* e *SHOW_SAME_CLASS_EXAMPLE*. Possui como parâmetros a característica visual, o componente anatômico e o texto parcialmente preenchido (as lacunas são dinamicamente completadas com valores das características visuais do exemplar escolhido).

A definição deste conjunto de primitivas observou o que existe representado no ambiente RUI e que outros aspectos deveriam ser abordados para contribuir em termos do aperfeiçoamento pedagógico do tutor considerando o domínio de exames radiológicos de ultrasonografia.

Os parâmetros ‘característica visual’ e ‘componente anatômico’ são necessários para que o interpretador de diálogos do ambiente RUI faça a identificação do contexto em que uma regra de ensino se aplica, mantendo portanto uma coerência na interação com o aprendiz.

O parâmetro ‘texto’ que aparece nas primitivas *TELL* e *ASK* é utilizado pelo ambiente RUI para conectar trechos textuais com os valores das características visuais que estão sendo discutidos com o aluno (vide exemplos na Seção 1.2), haja vista que a ferramenta de tutoria possui uma interface em linguagem natural.

A classe de anormalidade que está sendo trabalhada deve ser informada no respectivo parâmetro, que aparece nas primitivas *SHOW_IMAGE* e *SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE*.

Quanto à complexidade, deve ser informada seguindo uma escala nominal qualitativa criada para poder classificá-la. Pode-se argumentar o caráter subjetivo deste julgamento, pois inevitavelmente fica sob os critérios do autor que o estiver definindo. Neste contexto, encontra-se o trabalho de Pimentel e Direne (1998) que aborda a questão

da tipicidade, dependente da frequência, que pode ser relacionada com complexidade, haja vista que quanto mais típico for um exemplar, menos complexa tende a ser sua análise.

Em linhas gerais o trabalho de Pimentel e Direne propõe um conjunto de medidas cognitivas para ordenação de uma base de exemplos de imagens radiológicas. Esta ordenação é feita com base em frequência, saliência, confiabilidade, sinônimos técnicos, visão tridimensional e diagnóstico diferencial (PIMENTEL; DIRENE, 1998). As três primeiras medidas são utilizadas em diversos domínios relacionados a conceitos visuais e as restantes são próprias da radiologia médica, relacionando-se às CIPs, e indicam o quanto determinada imagem exige do aprendiz em termos de sinônimos técnicos, visão tridimensional e diagnóstico diferencial, respectivamente.

Neste trabalho propõe-se uma escala simples para valorar o parâmetro 'complexidade' composta dos seguintes valores: muito mais complexa, mais complexa, mesma complexidade, menos complexa, muito menos complexa. Observa-se que esta escala depende da comparação com o exemplar da imagem que estiver carregado no momento da sessão de ensino.

Os parâmetros das primitivas *GET_IMAGE* e *IMPROVE_IMAGE_QUALITY* são justamente aqueles que representam aspectos radiográficos ou clínicos, que não são atualmente descritos no ambiente RUI, sendo portanto uma extensão ao modelo do domínio existente.

A 'frequência' é informada por um número inteiro e indica o valor aproximado com base no qual o aparelho de ultrassom deve estar ajustado para emissão de ondas. Este parâmetro influencia nas características da imagem a ser adquirida e varia conforme o caso que estiver sendo examinado. O transdutor é a parte do aparelho que atuará como sensor no corpo do paciente, emitindo as ondas que formarão a imagem. Sendo assim, o 'tipo de transdutor' também é algo importante a ser definido no início do exame, haja vista que determina a resolução da imagem. Pode ser: linear, convexo ou setorial. A 'abordagem' indica o tipo do exame e pode ser classificada em: abdominal, pélvico, ginecológico.

Os parâmetros da primitiva *IMPROVE_IMAGE_QUALITY* referem-se

exclusivamente à calibração do aparelho com o objetivo de obter maiores detalhes da imagem que estiver sendo adquirida e em consequência de facilitar o processo de leitura visual e inspeção. O 'ganho' refere-se à refringência, ou ecogenecidade da imagem. De modo simplificado, relaciona-se à característica da imagem ultrasonográfica de acordo com um maior ou menor número de tons brancos, pretos e cinzas. Na prática, é definido e regulado por uma escala numérica no aparelho de ultrassom. Entretanto, esta escala é variável conforme o equipamento utilizado. Sendo assim, optou-se por classificá-lo em uma escala nominal de ecogenecidade que considera as seguintes graduações:

- a) anecóide: imagem totalmente preta;
- b) levemente hipoecóico: imagem com predomínio absoluto de tons pretos ou escuros;
- c) hipoecóico: imagem com predomínio razoavelmente maior de tons pretos ou escuros;
- d) normoecóico: equilíbrio entre os tons claros e escuros;
- e) levemente hiperecóico: imagem com predomínio razoavelmente maior de tons brancos ou claros;
- f) hiperecóico: imagem com predomínio absoluto de tons brancos ou claros;

O parâmetro 'ponto focal' é definido por um número inteiro e indica a profundidade do órgão ou região a ser examinada em que há melhor definição na imagem, sendo usualmente medido em centímetros. Há uma relação inversamente proporcional do ganho com a frequência que influencia na qualidade da imagem: quanto maior a frequência, menor a profundidade do ponto focal e melhor a qualidade da imagem. O parâmetro 'contraste' refere-se à diferença entre os tons claros e escuros na imagem. Para efeitos didáticos, optou-se novamente aqui por estabelecer uma escala qualitativa simplificada definida por: baixo, médio e alto.

É importante ressaltar que apesar da identificação da necessidade de treinar o aprendiz de radiologia médica a adquirir e ajustar a imagem por meio das primitivas *GET_IMAGE* E *IMPROVE_IMAGE_QUALITY*, foi observada a necessidade de utilização de técnicas avançadas de processamento de imagem para simular computacionalmente atividades como o ajuste do ponto focal. Este processo exigirá a construção de ferramentas especializadas que simulem funções do aparelho de ultrasonografia, não fazendo parte, portanto, do âmbito deste trabalho.

Quanto à estrutura do MDDP, esta é representada por um grafo orientado. Os nodos podem ser primitivas ou quadro de opções e um deles deve ser definido como inicial. Os quadros, com função de nodos compostos, agrupam um conjunto de primitivas pedagógicas com propósitos semelhantes. Nem todas as primitivas de um quadro precisam ser executadas durante uma sessão de ensino. Caso o aprendiz ofereça uma resposta completa e satisfatória, pode-se deixar o quadro ativando apenas uma primitiva, prosseguindo em outro nodo do MDDP.

O comportamento do tutor nos quadros de opções é descrito pelo seguinte algoritmo:

```
FAÇA
  Escolha uma Primitiva ainda não executada;
  Ative Primitiva;
ENQUANTO ((o aluno não responder adequadamente E
           existir primitivas não executadas));
```

Figura 10: Algoritmo do comportamento do quadro de opções

A função pedagógica dos quadros de opções está relacionada a diversas possibilidades de ação que um tutor dispõe enquanto o aprendiz não progride no entendimento do aspecto da imagem que estiver sendo discutida. Isto ocorre em situações reais de ensino quando um tutor não tem sucesso ao tentar explicar alguma questão sob um determinado enfoque. Neste caso o educador se vê obrigado a abordar o assunto sob outro ponto de vista com o intuito de induzir o aluno a uma forma de inferência diferente que possa levá-lo a compreender o que está sendo ensinado.

Os elementos de conexão entre os nós são os arcos, os quais indicam os caminhos sugeridos pelo MDDP. Em alguns pontos dos mapas, há mais de um caminho a seguir. Utilizou-se duas categorias de arcos que referem-se à forma de reação do tutor face ao comportamento do aprendiz, sendo um estilo de reação considerado normal e outro que descreve uma atitude mais diretiva. As ações mais diretivas (para casos em que o aluno apresenta dificuldades e respostas muito vagas) são ilustradas com setas pontilhadas fortes (vide Figura 21, na página 49 e Figura 25, na página 53).

3.3 Ferramentas

Uma questão fundamental no que concerne a aspectos didático-pedagógicos em geral é a distinção entre abordagens de longo e curto prazo. O fator tempo influencia diretamente na definição das primitivas e diretrizes de ensino utilizadas na concepção de uma ferramenta de autoria (QUAQUARINI; DIRENE; NETO, 2000).

Neste trabalho a abordagem pedagógica pode ser definida como de curto ou longo prazo. As sessões instrucionais orientadas pelos mapas desenvolvidos pela ferramenta proposta podem ter a duração necessária para discussão de uma imagem radiológica ou uma sessão de ensino do usuário com o sistema (curto prazo). Já abordagens pedagógicas de longo prazo podem abranger o tempo do curso inteiro de especialização em radiologia, acompanhando a evolução do aluno no decorrer do tempo. Neste caso é essencial representar uma continuidade no processo de ensino, estabelecendo relações entre cada caso estudado a fim de propiciar um processo de aprendizagem estruturado.

Para isso os parâmetros de complexidade dos exemplares, ou em outras palavras, tipicidade da imagem, são representados na linguagem de autoria, permitindo organizar estratégias pedagógicas que compreendam o período todo de treinamento até o aprendiz tornar-se um especialista (QUAQUARINI; DIRENE; NETO, 2000).

Um outro aspecto a ser discutido é a questão ontológica do trabalho. Durante o levantamento de informações para a composição desta proposta percebeu-se que não raro há terminologias distintas para denominação de um mesmo conceito. Este fato ilustra a importância de se considerar a organização do conhecimento sob o âmbito da ontologia, estabelecendo o vocabulário em uso para facilitar a comunicação com os

especialistas e a compreensão de uma ferramenta.

Sobre as formas de representação do conhecimento pedagógico, a ferramenta de autoria propicia aspectos gráficos e textuais. A criação dos MDDP inicia-se a partir da definição de diagramas através de elementos esquemáticos que representam atitudes didático-pedagógicas e sugestão de caminhos para percorrer os mapas. Como elementos textuais há a especificação dos parâmetros das primitivas utilizadas e a linguagem de representação interna, a qual discrimina todos os elementos representados no mapa, seus parâmetros e como eles estão interligados.

3.4 Arquitetura da Ferramenta

A ferramenta desenvolvida, CHAPLIM (Componentes de Habilidades em uma Abordagem Pedagógica para Leitura e Inspeção de iMagens), visa proporcionar ao autor a criação de MDDP para o domínio da Radiologia médica a partir da utilização das primitivas (existentes no RUI e propostas neste trabalho). Foi utilizada a linguagem de programação Java para a sua construção.

Sua arquitetura funcional, apresentada na Figura 11, divide-se no editor gráfico de mapas didático-pedagógicos, gerenciador de objetos, editor de parâmetros e gerador da linguagem de representação interna, apresentados respectivamente nas seções 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 e 3.4.4.

Além destes módulos a ferramenta possui funções que permitem salvar o mapa para ser editado posteriormente, salvar o mapa como uma imagem, alterar o tamanho do mapa, visualizar o mapa com controle de zoom e obter exemplos de mapas desenvolvidos juntamente com o especialista.

Deve-se enfatizar que a concepção da ferramenta CHAPLIM foi orientada pelos fundamentos existentes no ambiente RUI. Entretanto, a integração entre eles não faz parte deste trabalho.

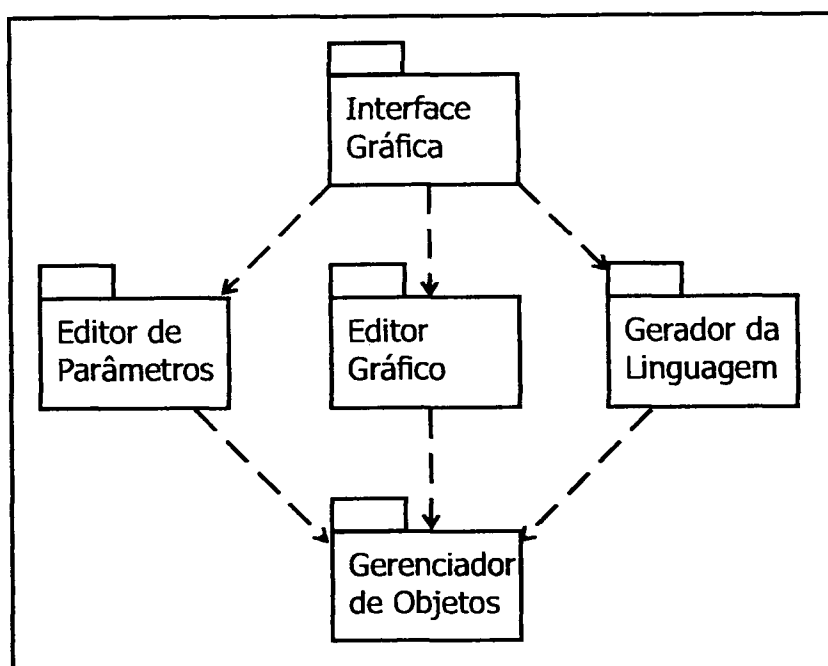


Figura 11: Arquitetura da ferramenta CHAPLIM

3.4.1 Editor gráfico

O editor gráfico possibilita a criação dos mapas de direcionamento pedagógico através da utilização de formas geométricas representativas de: primitivas, quadros de opções e arcos conectores.

As funções disponíveis neste editor estão agrupadas em duas barras de ferramentas, conforme a Figura 12:

1. geral (G), composta pelos botões de objetos (1, 2 e 3) modo de edição (4, 5 e 6) e indicadores de posicionamento:
 - quadro de opções (1): quando o modo desenhar estiver selecionado, permite a inserção de quadros de opções no mapa;
 - primitivas (2): quando o modo desenhar estiver selecionado, permite a inserção de primitivas no mapa com base naquela que estiver selecionada na barra de ferramentas do domínio;
 - arcos (3a): quando o modo desenhar estiver selecionado, permite a inserção de arcos (normais) no mapa;

- arcos diretivos (3b): quando o modo desenhar estiver selecionado, permite a inserção de arcos (diretivos) no mapa, identificados visualmente por setas pontilhadas e mais espessas;
- desenhar (4): seleciona o modo de edição para permitir a inserção de objetos no mapa;
- mover (5): seleciona o modo de edição para permitir a movimentação de quadros de opções e primitivas no mapa. Os arcos são reposicionados automaticamente conforme os elementos que eles estiverem conectando se moverem;
- excluir (6): seleciona o modo de edição para permitir a remoção de quadros de opções e primitivas no mapa. Os arcos são excluídos automaticamente quando um dos elementos que eles estiverem conectando for excluído;
- cores (7): permite a seleção da cor para os próximos objetos que forem inseridos no mapa;
- indicadores de posição: exibem as coordenadas x e y do ponteiro do *mouse* no mapa;

2. domínio (D), que permite a especificação de:

- primitiva: faz a associação de primitivas específicas a cada objeto de primitiva genérico;
- nodo inicial: indica qual deve ser o primeiro nodo ativado pelo tutor;

A inserção de primitivas no mapa é controlada por restrições que impedem que um objeto seja desenhado no interior de outro ou que haja intersecções com nodos de outras primitivas ou quadros. Caso isto ocorra, o objeto é apagado do mapa automaticamente (se o modo selecionado for de edição) ou reposicionado (se o modo mover estiver selecionado). As restrições são semelhantes para os quadros de opções, com a verificação a mais de exigir que no interior de um quadro sempre haja no mínimo duas

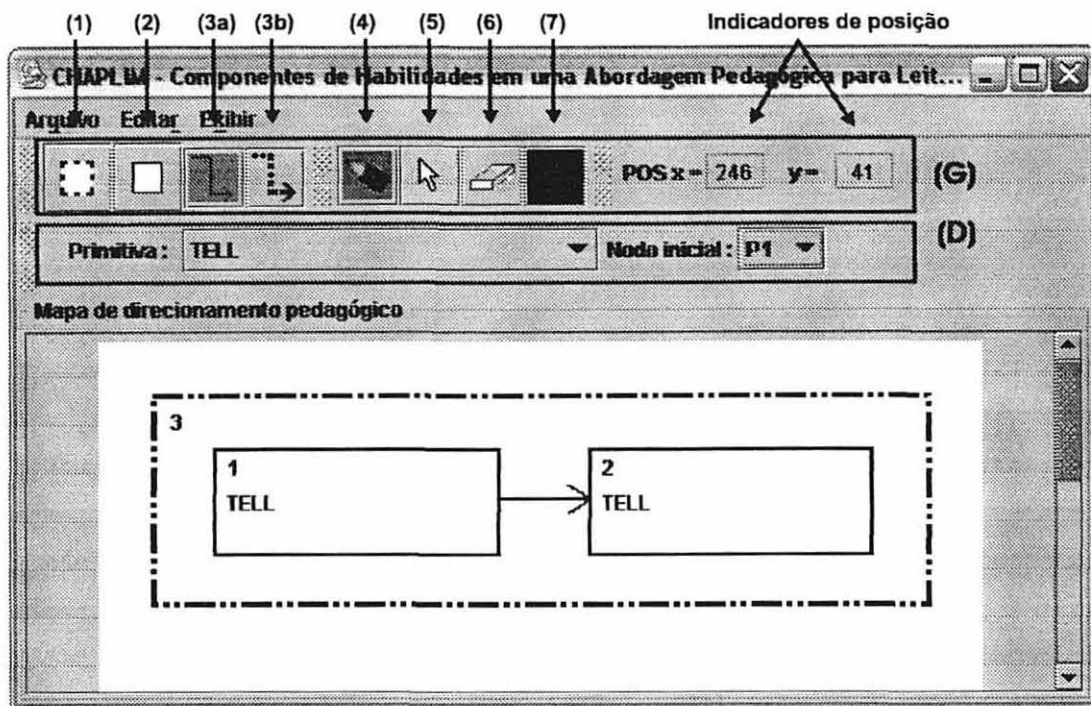


Figura 12: Tela do Editor Gráfico

primitivas. Quanto aos arcos, sua movimentação acompanha automaticamente os objetos que estiverem conectados por eles. Quando ocorre a remoção de um objeto que estava ligado a um arco, este é automaticamente apagado do mapa. Esta série de verificações foi implementada para evitar que mapas inválidos sejam construídos com o editor.

Durante a edição de cada objeto, o sistema realiza um mapeamento, verificando as conexões que vão sendo feitas entre os objetos e as primitivas que estão no interior de quadros. Este procedimento é transparente para o usuário e permite a geração da representação interna de modo mais confiável do que se fosse executada uma varredura no mapa completo somente no momento em que a representação interna fosse gerada.

3.4.2 Gerenciador de objetos

O gerenciador de objetos, mostrado na Figura 13, permite uma visão geral de todos os objetos que compõem o MDDP: quadros de opções, primitivas e arcos. Os objetos apresentam-se agrupados por categoria de modo hierárquico e para cada tipo é possível visualizar suas propriedades. As propriedades do quadro de opções são:

- a) Identificador: número inteiro que aparece no canto superior esquerdo

do quadro;

- b) Coordenada X: valor x do canto superior esquerdo do quadro;
- c) Coordenada Y: valor y do canto superior esquerdo do quadro;
- d) Largura
- e) Altura
- f) Primitiva n: O n varia no mínimo até dois e refere-se ao identificador de cada primitiva que está dentro do quadro;

As propriedades das primitivas são:

- a) Identificador: número inteiro que aparece no canto superior esquerdo da primitiva;
- b) Primitiva associada: indica a primitiva pedagógica associada ao objeto gráfico primitiva;
- c) Coordenada X: valor x do canto superior esquerdo da primitiva;
- d) Coordenada Y: valor y do canto superior esquerdo da primitiva;
- e) Largura
- f) Altura
- g) Está em um quadro?: exibe verdadeiro se estiver no interior de um quadro e falso caso contrário.

As propriedades dos arcos são:

- a) Primitiva 1: se o elemento de saída do arco for uma primitiva, esta propriedade exibirá seu identificador.
- b) Primitiva 2: se o elemento de chegada do arco for uma primitiva, esta propriedade exibirá seu identificador.

- c) Quadro 1: se o elemento de saída do arco for um quadro, esta propriedade exibirá seu identificador.
- d) Quadro 2: se o elemento de chegada do arco for um quadro, esta propriedade exibirá seu identificador.

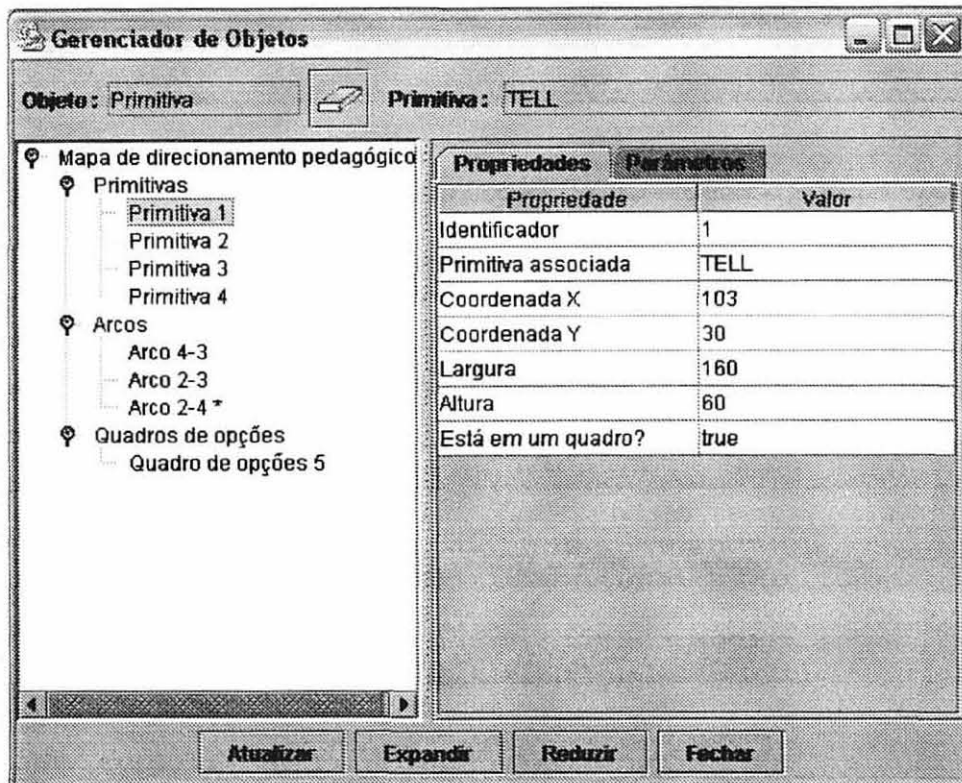


Figura 13: Tela do Gerenciador de Objetos

3.4.3 Editor de parâmetros

A edição de parâmetros, cuja tela é apresentada na Figura 14, se dá para cada nodo que representa uma primitiva. Desta forma, conforme seleciona-se uma determinada primitiva na hierarquia de visualização do MDDP, os parâmetros correspondentes a ela são exibidos e os valores atuais (caso tiverem sido preenchidos previamente) são carregados.

Para os parâmetros classe, característica visual e componente anatômico, utilizou-se um recurso de biblioteca que possibilita que o autor utilize os mesmos valores sem ter que redigitá-los novamente. Assim, todas as vezes que for editar o parâmetro

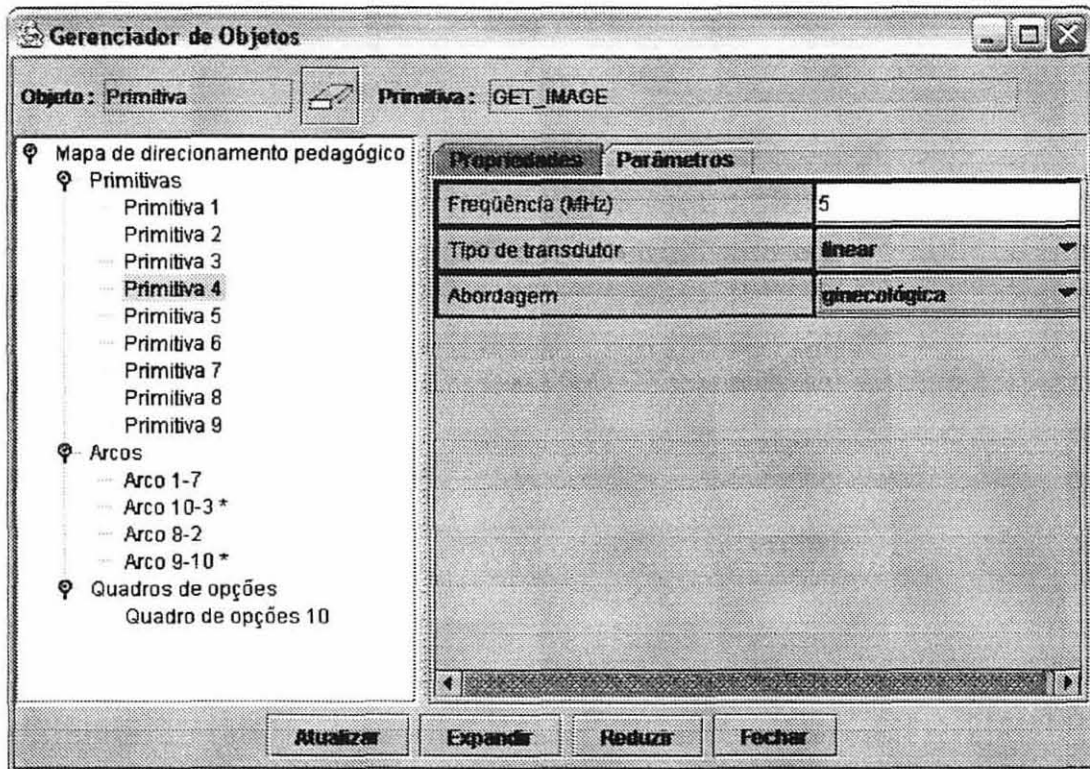


Figura 14: Tela do Editor de Parâmetros

classe, por exemplo, são carregadas todas as classes já usadas anteriormente pelo autor, que pode selecionar entre uma das existentes ou adicionar um novo item à biblioteca, cuja tela é apresentada na Figura 15.

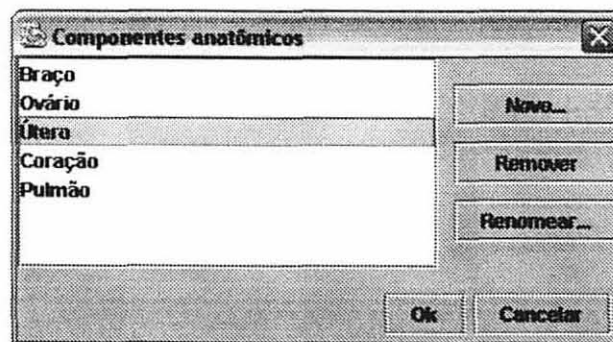


Figura 15: Tela da Biblioteca

3.4.4 Gerador da linguagem de representação interna

A representação interna é gerada a partir de uma linguagem de descrição dos objetos inseridos com as ferramentas do editor gráfico e os valores dos respectivos pa-

râmetros. O processo de construção desta representação percorre o conjunto de elementos que foi criado e inicialmente enumera o conjunto de primitivas, expressas pelos símbolos P_n , o conjunto de quadros de opções, representados por Q_n . Em ambos os casos, n é o identificador do objeto. O conjunto unitário que indica o nodo inicial é representado por I e para cada quadro de opções são listadas as primitivas que estão em seu interior.

Os principais componentes da linguagem são as regras de navegação, que definem os possíveis caminhos a serem seguidos no MDDP. Estas regras estão definidas conforme os exemplos da Figura 16.

```
P3 -> {Q11|Q12|Q13|*P4}
Q13 -> {Q12|*P4}
```

Figura 16: Exemplo de representação das regras de navegação

A primeira linha do exemplo acima significa que a primitiva $P3$ possui arcos normais que levam para os quadros $Q11$, $Q12$, $Q13$ e arco diretivo (representado pelo $*$) que leva para a primitiva $P4$. De modo análogo, a segunda linha do exemplo indica que o quadro $Q13$ possui arco normal para o quadro $Q12$ e arco diretivo para a primitiva $P4$.

Quanto aos parâmetros das primitivas, estes são listados primeiro genericamente, como uma declaração. Em seguida, para cada objeto gráfico do tipo primitiva, a representação identifica a primitiva pedagógica associada e os valores dos parâmetros definidos pelo autor do mapa, que seguem os exemplos da Figura 17. A primeira linha apresenta a sintaxe da primitiva e os parâmetros, que para o caso da primitiva *GET_IMAGE* são frequência, tipo de transdutor e abordagem. Na segunda linha está a primitiva definida pelo autor, que possui o identificador número 4, está associada à primitiva pedagógica *GET_IMAGE* e os valores dos parâmetros são 5 para a frequência, tipo de transdutor linear e abordagem ginecológica.

A linguagem segue, portanto, uma estrutura:

1. conjunto de primitivas (P);

```
GET_IMAGE(freuencia,tipo_de_transdutor,abordagem);  
P4[GET_IMAGE]('5','linear','ginecológica');
```

Figura 17: Exemplo de representação das primitivas

2. conjunto de quadros (Q);
3. conjunto unitário que indica o nodo inicial (I);
4. conjunto de primitivas contidas em cada quadro (Q_n);
5. regras de navegação que indicam como os arcos conectam primitivas e quadros;
6. listagem genérica das primitivas e parâmetros;
7. especificação da primitiva pedagógica associada a cada objeto gráfico primitiva, bem como o valor de seus parâmetros.

A Figura 19 mostra um exemplo de representação interna do grafo da Figura 18 gerada pela ferramenta CHAPLIM na sua linguagem de autoria.

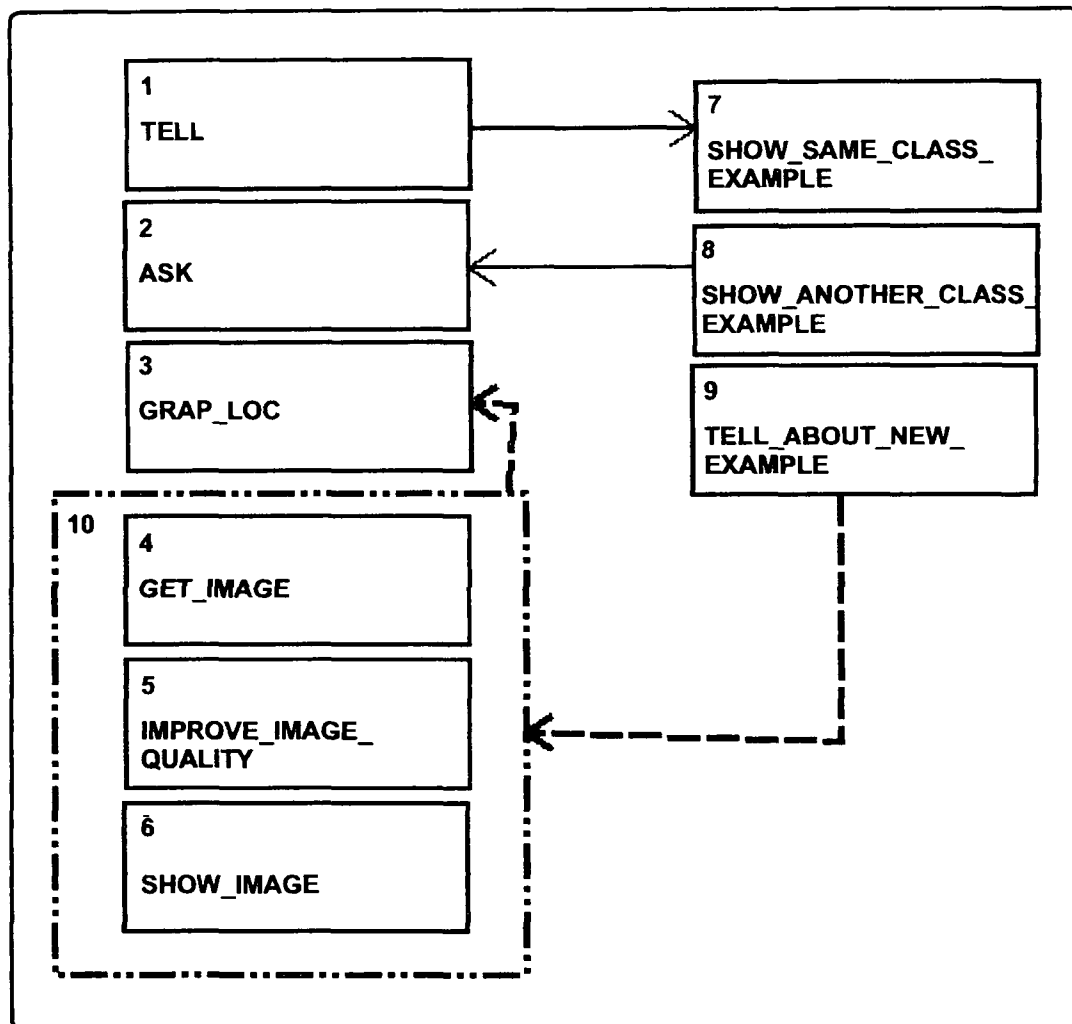


Figura 18: Mapa que gera a linguagem da Figura 19

```

P = {P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8,P9}
Q = {Q10}
I = {Q10}
Q10 = {P4,P5,P6}
P1 -> {P7}
P2 -> {}
P3 -> {}
P4 -> {}
P5 -> {}
P6 -> {}
P7 -> {}
P8 -> {P2}
P9 -> {*Q10}
Q10 -> {*P3}

TELL(componente_anatomico,caracteristica_visual,texto);
ASK(componente_anatomico,caracteristica_visual,texto);
SHOW_IMAGE(classe,complexidade);
GRAP_LOC(elemento_anatomico,caracteristica_visual);
GET_IMAGE(frequencia,tipo_de_transdutor,abordagem);
IMPROVE_IMAGE_QUALITY(ganho,ponto_focal,contraste);
SHOW_SAME_CLASS_EXAMPLE(complexidade);
SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE(classe,complexidade);
TELL_ABOUT_NEW_EXAMPLE(classe,complexidade);

P1[TELL]('Coração','parede','Observa-se que');
P2[ASK]('Útero','tamanho','Qual é o ');
P3[GRAP_LOC]('Útero','forma');
P4[GET_IMAGE]('5','linear','ginecológica');
P5[IMPROVE_IMAGE_QUALITY]('normoecóico','8','médio');
P6[SHOW_IMAGE]('Cisto Folicular','mesma complexidade');
P7[SHOW_SAME_CLASS_EXAMPLE]('menos complexa');
P8[SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE]('Cisto endometriótico',
    mais complexa');
P9[TELL_ABOUT_NEW_EXAMPLE]('',' ','');

```

Figura 19: Exemplo de representação interna do grafo anterior (Figura 18)

4 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

O médico radiologista que participou deste trabalho, Dr. Omar Gemha Taha, selecionou imagens ultrasonográficas relacionadas a cistos ovarianos, as quais requerem habilidades nas CIPs de diagnóstico diferencial e seleção de características discriminatórias, respectivamente.

Nas discussões com o especialista, foram obtidas informações de que o processo de aprendizado do método ultrassom é organizado em três etapas: aquisição da imagem, ajustes e documentação, que na prática é o processo de análise. É possível visualizar, deste modo, uma divisão na utilização das primitivas que compõem os mapas em relação às etapas conforme a Tabela 1.

Etapa	Primitivas relacionadas
Aquisição da imagem	<i>GET_IMAGE</i>
Ajustes	<i>IMPROVE_IMAGE_QUALITY</i>
Documentação	<i>TELL</i> <i>ASK</i> <i>GRAP_LOC</i> <i>SHOW_SAME_CLASS_EXAMPLE</i> <i>SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE</i> <i>SHOW_IMAGE</i> <i>TELL_ABOUT_NEW_EXAMPLE</i>

Tabela 1: Relação entre primitivas e etapas de aprendizado

A aquisição e os ajustes são importantes pois a ultrasonografia é um método em que o exame não é realizado por um técnico e sim pelo próprio médico, caracterizando-se por ser humano-dependente, uma vez que a imagem tem que ser formada no decorrer da realização do exame.

A formação da imagem é influenciada por três fatores: o equipamento utilizado, o médico que está fazendo o exame e o estado do paciente, que pode estar desmaiado, em coma ou mesmo morto. Influencia também a idade, por exemplo, no caso de existir a necessidade de alterar o movimento respiratório e o paciente ser uma criança ou um bebê.

A etapa de documentação engloba a análise propriamente dita, em que

faz-se uma inspeção da imagem em busca de “impressões diagnósticas” que serão utilizadas na composição do laudo. Este termo “impressões” é utilizado pois o diagnóstico é decidido apenas quando o médico que solicitou o exame radiológico reunir as informações clínicas do paciente com os laudos das imagens. O trabalho do radiologista é portanto, similar ao de um investigador, que inspeciona a imagem em busca de indícios que sugiram uma ou outra doença.

Com base nestes critérios, foram criados os MDDPs para os casos analisados nesta pesquisa. É possível perceber uma divisão lógica que segue as informações coletadas junto ao radiologista e organiza o MDDP nas etapas de aquisição da imagem, ajustes de visualização e análise ou documentação.

Deve-se ressaltar que após as entrevistas com o radiologista, foram desenvolvidas propostas de MDDPs para as duas imagens em estudo. Posteriormente, houve uma nova discussão com o especialista, que fez correções para aproximá-los da realidade da rotina médica, validando o conteúdo dos MDDPs produzidos e por conseguinte, a linguagem de autoria. Um processo de validação mais criterioso exigiria o acompanhamento de um conjunto de alunos que utilizasse um sistema tutor cujas diretrizes pedagógicas fossem desenvolvidas com a ferramenta CHAPLIM, bem como um grupo de radiologistas e até mesmo psicólogos cognitivos.

As primitivas que aparecem na parte superior dos MDDPs estão relacionadas às etapas de aquisição, ajustes e exibição da imagem, *GET_IMAGE*, *IMPROVE_IMAGE_QUALITY* e *SHOW_IMAGE*, respectivamente. Os quadros pontilhados representam um conjunto de primitivas pedagógicas com propósitos semelhantes (quadros de opções).

Em alguns pontos dos mapas, há mais de um caminho a seguir. As opções mais diretivas (para casos em que o aluno está respondendo de forma muito vaga) estão marcadas com setas pontilhadas fortes (vide legenda da Figura 21, na página 49 e da Figura 25, na página 53). Os parâmetros estão representados nos mapas entre $<$ e $>$.

As duas imagens selecionadas pelo radiologista apresentam-se nas seções 4.1 e 4.2 e são exemplares situados em fronteiras de diagnóstico, sendo portanto facilmente

confundíveis. É importante enfatizar que a numeração existente nos mapas foi adotada como meio para facilitar a referência às primitivas, não possuindo qualquer relação com a ordem de execução das mesmas. As limitações e vantagens desta proposta são discutidas na seção 4.3.

4.1 Exemplo de Seleção de Características Discriminatórias

A imagem da Figura 20 ilustra um caso em que é necessária a capacidade de perícia seleção de características discriminatórias, pois num primeiro momento suspeita-se de duas classes de anormalidades: cisto endometriótico (lesão benigna) e carcinoma de ovário (lesão maligna). Entretanto, após a ampliação da imagem, pode-se notar uma irregularidade na parede, fato que indica o diagnóstico como carcinoma de ovário (lesão maligna). Neste caso, portanto, a característica da parede (irregular) é discriminatória. A irregularidade parietal é também denominada de vegetação ou formação sólida parietal fixa hiper-refringente, na terminologia médica.

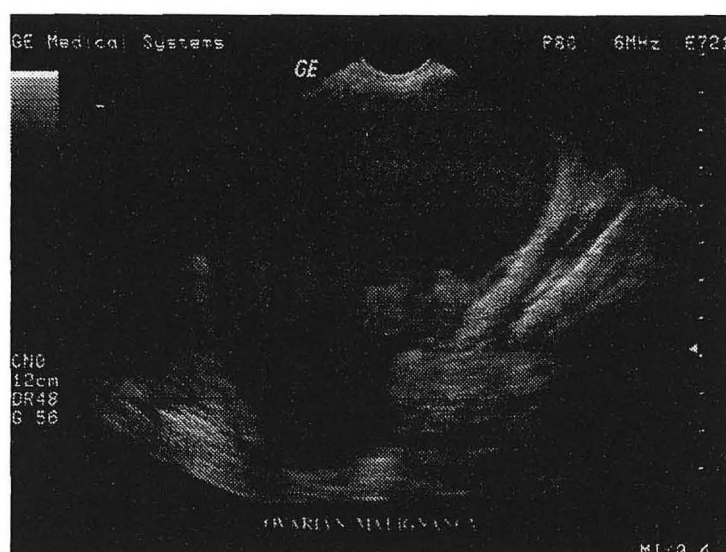


Figura 20: Carcinoma de ovário

Para esta imagem foi emitido o seguinte laudo radiológico: “Massa complexa volumosa de paredes finas, irregulares com áreas císticas de conteúdo fluido denso; nota-se formação hiper-refringente fixa parietal (denominada de vegetação)”.

O MDDP proposto para imagens com estas características e que requerem a CIP seleção de características discriminatórias está representado na Figura 21.

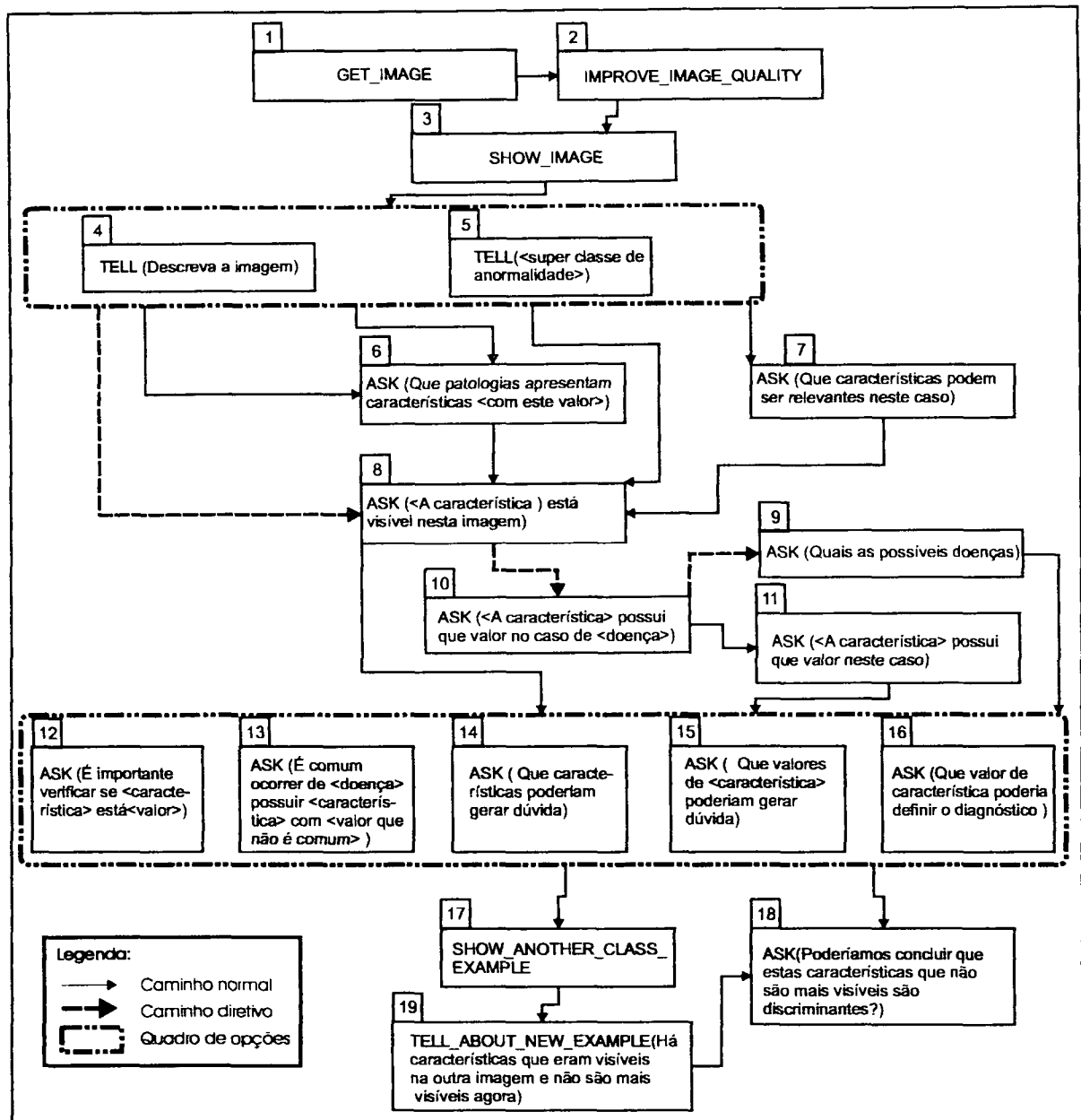


Figura 21: MDDP para seleção de características discriminatórias

Neste mapa destaca-se a utilização da primitiva *SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE* (nodo 17). A justificativa baseia-se no fato de que há uma discriminação mínima entre as duas classes, e portanto é possível falarmos em contra-exemplo denotando o sentido de “pertencente a outra classe”, com a qual poderia estar ocorrendo uma confusão. No contra-exemplo não seria possível identificar (ou visualizar) as características discriminatórias ou então elas teriam outros valores.

Desta forma, o senso de comparação estaria sendo estimulado no aprendiz

uma vez que ele teria examinado duas imagens de classes distintas, as quais estariam destacando o elemento visual que é determinante para a definição do diagnóstico, seja pela diferença de valores entre uma imagem e outra, seja pela visualização em uma e pelo encobrimento em outra .

O nodo cujo conteúdo é composto pela primitiva *SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE* tem o formato apresentado na Figura 22.

```
SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE('cisto endometriótico', 'mesma
complexidade');
```

Figura 22: Primitiva *SHOW_ANOTHER_CLASS_EXAMPLE*

Na seqüência, o MDDP sugere que o raciocínio comparativo do aprendiz seja ainda mais estimulado pela ativação da primitiva *TELL_ABOUT_NEW_EXAMPLE* (nodo 19) cujo conteúdo está na Figura 23. Esta ação pedagógica despertaria no aluno uma atividade investigativa em busca do elemento que não está visível na imagem recém carregada pelo módulo de tutoramento do ambiente RUI. Por conseguinte, o aprendiz realizaria uma busca orientada pela afirmação de que um traço pálido deve ser detectado. Assim, sua capacidade de descoberta de traços pálidos também estaria sendo aprimorada.

```
TELL_ABOUT_NEW_EXAMPLE('ovário', 'parede', 'Há características que eram
visíveis na outra imagem e não são mais visíveis agora');
```

Figura 23: Primitiva *TELL_ABOUT_NEW_EXAMPLE*

Com base nas informações obtidas durante a pesquisa de campo, pode-se afirmar que a CIP descoberta de traços pálidos parece ser freqüentemente exercitada quando o método é a ultrasonografia, desde o processo de formação da imagem até a análise.

É importante destacar, ainda, as primitivas do quadro de opções enumeradas com 12, 13, 14, 15 e 16. Apesar de serem muito semelhantes à primeira vista, são im-

portantes no comportamento didático-pedagógico do tutor, principalmente considerando-se aprendizes com maior dificuldade. Para estes, diferentes formas de abordagem para elucidação de um problema são fundamentais para o desenvolvimento de suas potencialidades.

O nodo 12 tem o intuito de atribuir ao aluno o papel daquele que é capaz de decidir se uma característica é importante ou não no processo de inspeção da imagem, como uma forma de estimular e gerar auto-confiança.

A primitiva 13 objetiva forçar a memória, como se fosse disparado um mecanismo de busca que comparasse todas as imagens já vistas até aquele momento na procura de características com um determinado valor.

Uma vez que há grande possibilidade de existirem dúvidas sobre qual característica visual da imagem é considerada discriminatória, a primitiva 14 faz um questionamento justamente para verificar se o aprendiz está com sua atenção voltada para a análise da característica correta.

A primitiva 15, por sua vez, é mais incisiva, pois expõe o elemento discriminatório, indagando apenas pelas suas possibilidades de valoração.

Já a primitiva do nodo 16 visa a identificação, por parte do aluno, do elemento de definição da análise, induzindo ao raciocínio conclusivo sobre o laudo diagnóstico.

Nota-se, com o detalhamento das primitivas 12 a 16, a função do quadro de opções como elemento aglutinador para situações em que o aluno tem dificuldades e mostra-se estagnado na análise da imagem em estudo.

4.2 Exemplo de Diagnóstico Diferencial

A imagem da Figura 24 ilustra um caso de diagnóstico diferencial, com probabilidade diagnóstica de duas classes de anormalidades: cisto hemorrágico e cisto endometriótico (devido ao conteúdo fluido denso que é característica comum a estas duas anormalidades).

A Figura 24 tem o seguinte laudo radiológico: “massa complexa volumosa

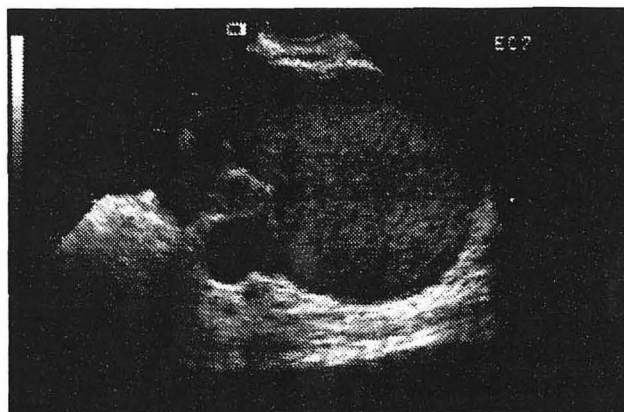


Figura 24: Massa Anexial Complexa

de contornos irregulares, paredes finas, complexa, com áreas císticas de conteúdo fluido denso, isoecogênica, área cística menor de conteúdo anecóide e área sólida de pequenas dimensões em região anexial”.

O MDDP proposto para imagens com estas características e que requerem a CIP diagnóstico diferencial está representado na Figura 25.

O nodo cujo conteúdo é composto pela primitiva 1, *GET_IMAGE*, tem o formato apresentado na Figura 26.

Como a descrição de regras de ensino é feita no nível conceitual de autoria do ambiente RUI, a aplicação de uma instrução específica como esta implica em agrupar várias imagens segundo um mesmo procedimento didático-pedagógico. Sendo assim a combinação “frequência de 5 MHz”, “transdutor linear” e “abordagem ginecológica” foi adotada pelo autor do curso como uma composição de relevância prática. Em outras palavras, a composição de regras de ensino contendo a mesma primitiva, porém incluindo uma frequência de 8 MHz não traria nenhuma vantagem ao aprendizado.

É importante destacar também o nodo 2, cujo conteúdo é a primitiva *IMPROVE_IMAGE_QUALITY*, que tem o formato apresentado na Figura 27. De modo análogo à primitiva 1, a combinação “ganho normoecóico”, “ponto focal de 8 cm” e “contraste médio” apresenta-se como um padrão no que concerne ao ajustes de imagens em exames ultrasonográficos de ovário. Este fato é justificado primeiramente pelas características anatômicas da região abdominal, que propicia melhor qualidade de imagem com os valores dos parâmetros anteriormente mencionados. Além disto, há uma relação inver-

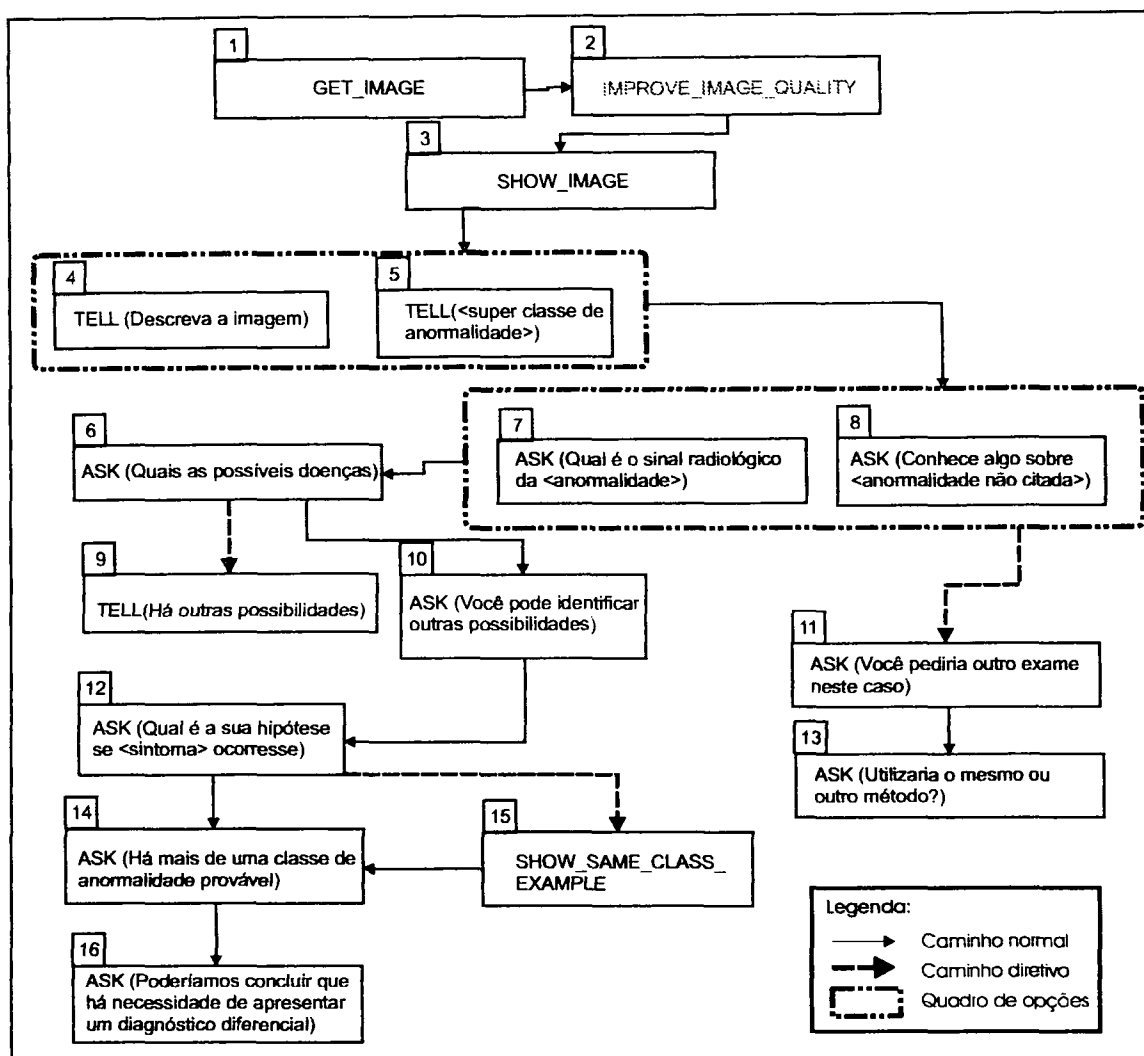


Figura 25: MDDP para diagnóstico diferencial

```
GET_IMAGE('5 MHz', 'linear', 'ginecológica');
```

Figura 26: Primitiva *GET_IMAGE*

samente proporcional entre frequência e profundidade do ponto focal que também afeta a qualidade da imagem, ligando fortemente os parâmetros das primitivas *GET_IMAGE* e *IMPROVE_IMAGE_QUALITY*.

Na primitiva 5, cujo nodo tem o conteúdo mostrado na Figura 28, observa-se a intenção de introduzir o assunto que será tratado na análise em andamento expondo uma visão geral da super classe de anormalidade, no caso cistos ovarianos. Pedagógica-

```
IMPROVE_IMAGE_QUALITY('normoecóico','8 cm','médio');
```

Figura 27: Primitiva *IMPROVE_IMAGE_QUALITY*

mente, esta contextualização é necessária para concentrar o foco do estudo e ao mesmo tempo transmitir alguma informação conceitual importante para o aprendiz.

```
TELL('ovário',null,'<super classe de anormalidade>');
```

Figura 28: Primitiva *TELL*

O nodo cujo conteúdo é composto pela primitiva 11, *ASK*, tem o formato apresentado na Figura 29. A questão proposta envolve a necessidade de realização de outro exame. Este tipo de dúvida está diretamente relacionado ao fato do caso requerer a indicação de um diagnóstico diferencial. Nestas situações, a impossibilidade de apresentar um resultado seguro somente com base nas informações do exame realizado é fator determinante para que seja solicitado outro tipo de exame. Assim seria possível obter dados complementares e suficientes para determinar um diagnóstico mais preciso que possibilitasse a definição do tratamento que deverá ser aplicado ao paciente.

```
ASK('ovário',null,'Você pediria outro exame neste caso?');
```

Figura 29: Primitiva *ASK* questionando sobre realização de outro exame

Na seqüência, um arco leva à execução da primitiva *ASK* (nodo 13), cujo conteúdo é exibido na Figura 30 questionando a respeito da utilização do mesmo ou outro método. O objetivo é claramente alertar o aprendiz para o fato de que a realização de um outro exame pelo mesmo método não produziria resultados diferentes e portanto é plausível optar por um método diferente da ultrasonografia, como a tomografia ou a ressonância magnética.

```
ASK('ovário',null,'Utilizaria o mesmo ou outro método?');
```

Figura 30: Primitiva *ASK* questionando o método

4.3 Limitações e Vantagens

Uma das limitações existentes no trabalho proposto evidencia-se no fato dos parâmetros das primitivas fundamentarem-se em um método específico: a ultrasonografia. Isto restringe e dificulta a sua utilização no ambiente RUI com imagens adquiridas através de outros métodos, como a tomografia.

Assim, vê-se que no caso de outros métodos, não é tão necessário a utilização de primitivas como *GET_IMAGE* e *IMPROVE_IMAGE_QUALITY*, haja vista que geralmente o processo de realização do exame em si é desempenhado pelo técnico em radiologia e o médico apenas analisa a imagem para emissão do laudo.

Além disso, tanto as primitivas propostas, quanto a definição dos parâmetros de cada uma delas e sua exemplificação nas imagens selecionadas, refletem a visão de um especialista, com os quais outro médico poderia não concordar. Entretanto, seria extremamente difícil chegar a um consenso, tendo em vista a amplitude de informações existentes no contexto da ultrasonografia. Nesta pesquisa foram escolhidas pelo especialista os dados considerados por ele como mais importantes no aprendizado, devido à impossibilidade de tratá-los na íntegra.

Por outro lado, aumentar o grau de flexibilidade ou generalização, com o intuito de contemplar outros pontos de vista significaria agir em detrimento da usabilidade (MURRAY, 1998), tornando-se mais difícil e trabalhoso para o autor especificar o comportamento didático-pedagógico desejado.

Em sentido contrário, observa-se como uma vantagem a facilidade proporcionada pela ferramenta CHAPLIM para especificar um MDDP, embora restrita a uma abordagem específica.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta uma abordagem para representação de direcionamento didático-pedagógico, fundamentada por uma linguagem e uma ferramenta desenvolvidas com base nos conceitos de autoria para o domínio radiológico, seguindo as perspectivas do ambiente RUI.

A linguagem de autoria baseia-se nos conceitos de primitivas parametrizáveis e MDDPs. As primeiras representam ações pedagógicas executadas pelos tutores com o intuito de guiar o aprendiz. Os MDDPs são estruturas compostas de elementos gráficos que cuja representação é feita por meio de nodos simples, compostos e arcos de ligação, tendo como propósito sugerir caminhos alternativos de ativação das primitivas, proporcionando, deste modo, um certo grau de adaptação e flexibilidade à tutoria.

O desenvolvimento da ferramenta CHAPLIM foi projetado considerando-se principalmente os critérios de usabilidade, procurando minimizar o tempo necessário ao autor para familiarizar-se com o uso da ferramenta. Para isto, a própria linguagem de autoria constitui-se de elementos gráficos e funções de visualização que proporcionam uma visão global do material que está sendo produzido.

Desta forma, os resultados deste trabalho englobam conceitos de ferramentas de autoria aplicados ao domínio da radiologia médica, compondo uma abordagem didático-pedagógica bem definida, orientada pelos princípios existentes no ambiente RUI.

5.1 Contribuições

As principais contribuições deste trabalho podem ser classificadas em termos de duas vertentes: a extensão das primitivas do ambiente RUI e a formalização do conceito de MDDP.

No âmbito das primitivas, tem-se as questões da ampliação do conjunto já existente e da abordagem de parâmetros radiográficos, além de radiológicos. As novas primitivas representam a aproximação da linguagem de autoria com a realidade da rotina médica, em particular do ultrassom, dada a especificidade de cada uma delas. Quanto

aos parâmetros, percebem-se contribuições no plano do modelo de ensino do ambiente RUI como um todo e também no modelo do domínio. Esta ampliação do escopo revela-se pela adição de aspectos radiográficos não contemplados até então, que aumentam o poder de expressão do nível conceitual de especificação de classes, que só tratava aspectos radiológicos.

A conceituação de MDDPs como parte da linguagem de autoria apresenta-se como um novo elemento de representação de conhecimento didático-pedagógico, fundamentado nos princípios de dinamismo e adaptação, inerentes ao processo de ensino-aprendizagem. De acordo com estes princípios, não se deve definir seqüências rígidas para o ensino e sim propiciar a flexibilização de ações didático-pedagógicas.

A utilização do método de ultrassom como base para este trabalho é vista como uma extensão para o ambiente RUI, dado que as pesquisas realizadas anteriormente consideravam os métodos de tomografia computadorizada e raio-x. Sendo assim, amplia-se o contexto de aplicação e conseqüentemente, faz-se a enumeração de aspectos adicionais, tais como a consideração de fatores relacionados à formação e ajustes das imagens como parte da aquisição da perícia, já que o exame ultrasonográfico é realizado pelo próprio médico.

Além disso, os exemplos de aplicação apresentados figuram como casos ilustrativos dos conceitos da linguagem de autoria, bem como da utilização da ferramenta CHAPLIM. Através destes casos, foi possível analisar a aplicabilidade e relevância sob os aspectos de utilização do MDDP para representação de conhecimento didático-pedagógico, abrangência das primitivas propostas e dos respectivos parâmetros.

5.2 Trabalhos Futuros

Como trabalho futuro, pode-se citar a integração desta linguagem de autoria com o ambiente RUI para orientar o comportamento pedagógico da ferramenta de ensino, atualmente disponível *online* em <http://www.rmav.arauc.br/~rui/>. Com isto, seria possível analisar esta proposta com casos de exames realizados por meio de tomografia ou raio-x. Destaca-se que esta integração deve ocorrer nos modelos do domínio (com a representação das novas primitivas e seus parâmetros) e de tutoramento (pelo

desenvolvimento de um interpretador para esta linguagem de autoria).

Outra pesquisa futura contempla uma análise mais detalhada da aplicação desta abordagem a longo prazo. Para isto, os elementos básicos, como complexidade de exemplares, já estão definidos. Entretanto, seria necessário observar através de um estudo de caso se não há outros aspectos que deveriam ser observados para que efetivamente fosse possível acompanhar a evolução de um aprendiz em todas as fases, enquanto novato até tornar-se um especialista.

Observa-se ainda como meta de pesquisa a troca de informações entre MDDPs e modelos de aprendizes. Neste sentido, seria possível especificar condições para o disparo dos arcos de acordo com os critérios de modelagem de estudantes definidos no ambiente RUI. Desta forma, a ativação de determinadas primitivas ficaria condicionada ao estado de conhecimento que estivesse representado no modelo do aluno.

Referências

- BECK, J.; STERN, M.; HAUGSIAA, E. Applications of AI in education. **ACM Crossroads Student Magazine**, 1996.
- BROWN, J. S.; BURTON, R. R.; KLEER, J. de. Pedagogical, natural language, and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II and III. In: SLEEMAN, D. H.; BROWN, J. S. (Ed.). **Intelligent Tutoring Systems**. New York: Academic Press, 1982.
- CLANCEY, W. J. (Ed.). **Knowledge-based Tutoring: the GUIDON Program**. Cambridge, MA: MIT Press, 1987.
- CURY, D.; DIRENE, A.; OMAR, N. Modelos baseados em e oráculos para a aprendizagem de conceitos visuais. **Revista Brasileira de Informática na Educação (IE)**, v. 2, p. 18–29, 1998.
- DIRENE, A.; SCOTT, D. **Identifying the component features of expertise in domains of complex visual recognition**. United Kingdom, 2001. Technical Report No. ITRI-01-23.
- DIRENE, A. I. Authoring intelligent systems for teaching visual concepts. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 8, p. 44–70, 1997.
- DUFFORT, H. et al. Curriculum evaluation: a case study. In: **Proceedings ITS'98**. Texas: Springer, 1998.
- GIRAFFA, L. M. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- KHUWAJA, R.; PATEL, V. A model of tutoring: Based on the behavior of effective human tutors. In: **ITS'96, Third international conference on intelligent tutoring systems**. Montreal: Springer, 1996. p. 130–138.

- MAJOR, N.; AINSWORTH, S. Developing intelligent tutoring systems using a psychologically motivated authoring environment. In: **Proceedings of the AAAI Fall symposium on Intelligent tutoring system authoring tools**. Cambridge, MA: [s.n.], 1997. p. 53–59.
- MAJOR, N.; REICHGELT, H. Using COCA to build and intelligent tutoring system in simple algebra. **Intelligence Tutoring Media**, v. 2, n. 3/4, p. 159–169, 1991.
- MUNRO, A. et al. Authoring simulation-centered tutors with RIDES. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 8, p. 284–316, 1997.
- MURRAY, T. Authoring knowledge based tutors: Tools for content, instructional strategy, student model, and interface design. **Journal of the Learning Sciences (Special Issue on Authoring Tools for Interactive Learning Enviroenments)**, v. 7, n. 1, p. 5–64, 1998.
- MURRAY, T. Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 10, p. 98–129, 1999.
- PIETRUCHINSKI, M. H.; DIRENE, A. I. Linguagem e ferramenta de autoria para a meta-modelagem de aprendizes de conceitos visuais. In: **XII Simpsio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE2001**. Vitória - ES: Editora da UFES, 2001. p. 327–330.
- PIMENTEL, A.; DIRENE, A. I. Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes. **Revista Brasileira de Informática na Educação (IE)**, v. 2, n. 2, Abril 1998.
- QUAQUARINI, S.; DIRENE, A. I.; NETO, A. C. Conceitos e ferramentas para a modelagem de aprendizes no ensino de conceitos visuais. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE2000)**, p. 128–134, 2000.
- RAVENS-CROFT, A.; PILKINGTON, R. M. Investigation by design: developing dialogue models to support reasoning and conceptual change. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 11, p. 273–298, 2000.

- REYES, R. L. A domain theory extension of a student modeling system for pascal programming. In: **Proceedings ITS'98**. Texas: Springer, 1998.
- RUSSEL, D. Ide: The interpreter. In: PSOTKA, J.; MASSEY, L.; MUTTER, S. (Ed.). **Intelligent Tutoring Systems: Lessons Learned**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1988. p. 323-349.
- SHIRI, M. E.; AÏMEUR, E.; FRASSON, C. Student modelling by case based reasoning. In: **Proceedings ITS'98**. Texas: Springer, 1998.
- SHUTE, V. J.; TORREANO, L. A.; WILLIS, R. E. DNA - uncorking the bottleneck in knowledge elicitation and organization. In: **Proceedings ITS'98**. Texas: Springer, 1998.
- SLEEMAN, D. H. A user-modelling front-end subsystem. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 23, n. 1, p. 71-88, 1985.
- SLEEMAN, D. H. PIXIE: a shell for developing intelligent tutoring systems. In: LAWLER, R.; YAZDANI, M. (Ed.). **AI and Education: Learning Environments and Intelligent Tutoring Systems**. Norwood: Ablex Publishing, 1987.
- SPARKS, R. et al. The LEAP authoring tool: Supporting complex courseware authoring through reuse, rapid prototyping, and interactive visualizations. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 10, p. 75-97, 1999.
- VICENTE, A.; PAIN, H. Motivation diagnosis in ITS. In: **Proceedings ITS'98**. Texas: Springer, 1998. p. 86-95.
- VIRVOU, M.; MOUNDRIDOU, M. Adding an instructor modelling component to the architecture of ITS authoring tools. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 12, 2001.
- WENGER, E. **Artificial Intelligence and Tutoring Systems**. Los Altos: Morgan Kaufmann, 1987.