

## Diálogos Adaptativos Para a Aprendizagem de Radiologia

Alexandre Direne<sup>1</sup>, Marcos Sunye<sup>1</sup>, Marcos Castilho<sup>1</sup>, Fabiano Silva<sup>1</sup>, Luis Bona<sup>1</sup>,  
Laura García<sup>1</sup>, Donia Scott<sup>2</sup>

<sup>1</sup>C3SL - Depto de Informática – Universidade Federal do Paraná (UFPR)  
Caixa Postal 15.064 – 81.531-980 – Curitiba – PR – Brasil

<sup>2</sup>Centre for Research in Computing – The Open University, Walton Hall  
Milton Keynes, MK7 6AA – UK

alexnd@inf.ufpr.br

**Abstract.** *This paper describes how cognitive and computational concepts can be applied to build interface and learner models for long-term tutorial interactions in medical Radiology. Key human-to-human tutorial dialogue factors that typically occur in the different stages of skill acquisition are captured through an empirical study. The results of the study are detailed and linked to the design of RUI-2, an Authoring and Intelligent Tutoring System shell for multiple domains of radiological expertise. A brief discussion and future research directions offer a comparative view of the method and tools.*

**Resumo.** *Este artigo descreve como princípios cognitivos e computacionais podem ser aplicados na criação de modelos de interface e de aprendizes para o treinamento de longo prazo em Radiologia médica. Um estudo empírico apresenta os conceitos chave que ocorrem em diálogos tutoriais apenas entre humanos nos diferentes estágios de aquisição da perícia. Os resultados desse estudo são detalhados e associados ao projeto do ambiente RUI-2, uma ferramenta de autoria e sua “shell” de Sistema Tutor Inteligente para múltiplos domínios de Radiologia médica. Uma breve discussão oferece uma visão crítica do método seguida de metas futuras de pesquisa.*

### 1. Introdução

Depois de três décadas de pesquisas envolvendo arquiteturas de Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), trabalhos mais recentes já atribuem um papel de alta relevância para o projeto da interface de um sistema tutor adaptativo [1]. Tal argumentação é feita com base na necessidade de se comunicar o conhecimento específico por meio de diferentes modalidades interativas, o que pode ser feito, por exemplo, por meio de variados estilos pedagógicos e seus formatos de apresentação correspondentes. Em Radiologia médica, por exemplo, os problemas de super-generalização de conceitos na classificação de anormalidades que afetam em processo de residência (treinamento) podem ser atenuados com a aplicação de um STI [2]. Mesmo assim, na citada pesquisa, Sharples e seus colaboradores parecem ter atingido algum sucesso apenas na aplicação localizada do STI por um período relativamente curto do tempo de treinamento dos radiologistas.

Resultados experimentais de trabalhos passados mostraram que a usabilidade de interfaces gráficas se fundamenta, em parte, na disposição espacial de seus elementos

visuais. Alguns chegam mesmo a se aprofundar exclusivamente em aspectos de múltiplas representações externas [3] para ressaltar fatores dinâmicos da solução de problemas no domínio. Todavia, o valor educacional de um STI depende de maneira crucial das ligações de natureza semântica e pragmática entre os objetos da interface e suas funções pedagógicas que se adequam ao nível de competência do aprendiz.

Para capturar de forma precisa os aspectos semânticos e pragmáticos do mundo real, pesquisadores das áreas de Inteligência Artificial e Interação Humano-Computador propuseram diversos formalismos de representação do conhecimento. Um dos métodos, WYSIWYM [4], tenta manipular explicitamente os conceitos complexos fornecidos a um software por meio de um gerador reativo de texto multi-lingue, o qual se constitui de um arcabouço de autoria para a definição de bases de conhecimento. O método e as ferramentas estão organizadas entorno da idéia de “o que se vê é o que foi dito” (“What You See Is What You Meant”) já que o autor recebe sempre mensagens em formato textual geradas pelo sistema em língua natural, cujo significado real corresponde aos estímulos fornecidos anteriormente pelo próprio autor em formato gráfico padronizado. No entanto, mesmo nas situações onde os autores de curso conseguem produzir interfaces adequadas através dos formalismos de modelagem e suas ferramentas de software, não se pode concluir que o STI resultante conseguirá manter tais recursos compatíveis com a capacidade do aprendiz durante longos períodos de tempo [5].

Finalmente, qualquer mudança de formato externo (da interface) traz à tona a enorme deficiência de STIs no monitoramento de longo prazo dos aprendizes. Na verdade, sistemas altamente interativos e auto-adaptáveis (adaptativas) aos seus usuários por longos períodos de tempo são raríssimos até mesmo em áreas de interseção entre STI e Interface Humano-Computador [6]. Na visão do presente artigo, isso só poderá ser atingido por meio da aplicação de princípios cognitivos ao comportamento dos objetos da interface. Todavia, até o presente momento, houve pouco esforço da comunidade de pesquisa no detalhamento tanto da natureza quanto do conteúdo de tais objetos.

## 2. Resenha Literária

Por muitos anos, a principal limitação científica para a construção de sistemas adaptáveis tem sido apontada como a carência de conhecimento sobre o estado mental do usuário. Em particular, a modelagem dinâmica de aprendizes tem aparecido freqüentemente em várias sub-áreas de STI, já que a atualização consistente do perfil de longo prazo dos aprendizes é um problema altamente complexo. A perda de sincronismo [7] entre o modelo mental do aprendiz humano e o modelo automático que o STI possui sobre aquele indivíduo disparou uma série de investigações científicas a respeito de problemas mais genéricos em relação ao assunto. Alguns até mesmo propuseram maneiras de contornar o problema insolúvel da modelagem de estudantes para gerir diálogos tutoriais.

A modelagem dinâmica de aprendizes difere da visão tradicional de modelagem de usuários dos assistentes inteligentes (*help systems*) na medida em que esses últimos tendem a ser constituídos apenas de registros de curto prazo [8]. Da mesma forma, a identidade do usuário assim como a sua avaliação constante por parte do sistema são

muito mais típicos na modelagem de aprendizes do que em qualquer outro mecanismo de custo prazo para o perfilamento de usuários.

Por um lado, Bull e Kay [7] defendem que a principal razão para a existência de uma ampla base de arquiteturas e ferramentas para a modelagem de aprendizes se deve aos fundamentos cognitivos bem aplicados no projeto e implementação do maquinário desses interpretadores de modelo nos STIs. Por outro lado, Murray [9] observa que as ferramentas de autoria ainda carecem de recursos apropriados para a construção e integração do modelo do aprendiz com o modelo da interface. Em outras palavras, apesar do aparente sucesso dos sistemas de autoria, nenhum trabalho de pesquisa conseguiu, até o momento, abordar a ligação entre o modelo do aprendiz e o modelo da interface. Também não há registros de resultados de pesquisa que abordam a modelagem dinâmica de conteúdos de interface baseada em diretivas pedagógicas subjacentes que sejam compatíveis com o desenvolvimento de longo prazo de certas habilidades humanas específicas.

### **3. Um estudo empírico como base de solução**

Como base para a investigação conduzida nesta pesquisa, foram escolhidos os domínios de diagnóstico visual especializado, em particular os da Radiologia médica. O diagnóstico médico é uma tarefa difícil, principalmente quando combinado com as habilidades necessárias para o reconhecimento de padrões visuais detalhados. Apesar disso, especialistas em Radiologia (ao contrário dos médicos residentes em treinamento) conseguem identificar e classificar uma anormalidade principal em poucos segundos [10].

O escopo deste trabalho de pesquisa foi conduzido na forma de um estudo empírico a partir dos resultados produzidos pelo projeto de pesquisa de Cury e seus colaboradores [5]. Nesse trabalho anterior, a idéia foi apenas de representar as diversas categorias de médicos residentes na fase de treinamento em Radiologia. A partir disso, o atual esforço de pesquisa está descrito nas próximas sub-seções.

#### **3.1. Objetivos do estudo**

Dentro dos objetivos gerais do presente trabalho de pesquisa, o estudo empírico foi destinado a avaliar a existência e a identidade das múltiplas características da perícia de médicos durante longos prazos de residência em Radiologia, a qual é tipicamente de três anos ou mais. Os objetivos específicos do estudo foram:

- confirmar as características da competência em Radiologia médica previamente relatadas na literatura científica de forma esparsa;
- determinar quaisquer capacidades adicionais, ainda não descritas ou formalizadas em trabalhos de pesquisa do passado;
- identificar as diversas modalidades de interação que os treinandos de Radiologia utilizam para apresentar evidências de suas competências, mesmo em condições restritas de ensino.

#### **3.1. Metodologia**

Foi conduzida e gravada uma série de sessões de treinamento entre um especialista (radiologista “Senior”) e médicos residentes [5]. O projeto do experimento foi

influenciado por informações de inúmeras consultas com peritos em Radiologia, as quais foram dedicadas a determinar:

- o escopo das anormalidades a serem incluídas nas chapas radiográficas;
- a abordagem de ensino mais apropriada;
- as características dos sujeitos (residentes) a serem envolvidos no experimento.

Com a meta prioritária de ressaltar as diferenças entre novatos e especialistas, foi escolhido um caso médico que demandaria o máximo possível de experiência para um profissional atingir o diagnóstico com o mínimo de conhecimento de princípios da Radiologia (ver [5] para uma descrição dos princípios da Radiologia). A meta ideal esperada de cada residente era a de atingir o diagnóstico correto. Todavia, muito freqüentemente, os residentes iniciantes e de nível intermediário fracassaram.

Como sujeitos participantes, o experimento envolveu 16 (dezesseis) médicos residentes em níveis diferentes de proficiência em Radiologia: 3 (três) do primeiro ano, 6 (seis) do segundo ano e 7 (sete) do terceiro ano.

### 3.2. Resultados

Depois de observar e gravar as dezesseis sessões de treinamento, foi feita a transcrição das fitas para cada sessão. As transcrições capturam meios verbais assim como alguns outros meios de interação. A análise das transcrições foi guiada pela busca de dois aspectos principais: características da perícia radiológica e multimodalidade do diálogo.

No total, 15 (quinze) características foram identificadas nos diálogos transcritos. Os nomes dados a cada uma das quinze características estão listadas abaixo. Elas expressam, de forma resumida, o quanto um especialista em Radiologia é eficaz na solução de problemas em relação ao seguinte: (1) Mapeamento 2D-3D; (2) Velocidade do diagnóstico; (3) Diagnóstico diferencial; (4) Escolha de fatores discriminantes; (5) Recuperação de peculiaridades; (6) Detecção de traços pálidos; (7) Perspectiva da evolução de anormalidades; (8) Fornecimento de justificativas; (9) Explicitação de relações lógicas; (10) Detecção precisa de medidas desproporcionais; (11) Consistência de relações lógicas entre fatores visuais; (12) Completude do relatório de fatores visuais; (13) Seleção do vocabulário técnico; (14) Inferência de fatores totalmente invisíveis; (15) Estruturação do raciocínio e do relatório sobre o diagnóstico.

As seis primeiras características listadas acima se referem a resultados atingidos por outros pesquisadores [10] e confirmadas durante o estudo. Mesmo assim, por razões de compatibilidade, tais características receberam uma nova nomenclatura no escopo do presente artigo. Uma explicação detalhada de cada uma das quinze características pode ser encontrada em um relatório técnico produzido pelos autores deste artigo [11].

### 4. A Ferramenta de Autoria

Uma parte expressiva dos achados teóricos foi implementada sob a forma de um ambiente de ferramentas de software chamado *RUI-2* (Representações Unificadas de Imagens). O ambiente *RUI-2* consiste de: (1) linguagem e ferramentas de autoria para a modelagem de longo prazo de características da interface e do aprendiz; (2) um mecanismo genérico (*shell*) de STI destinado à interpretação inteligente dos modelos de

interação adaptativa ao nível de competência do aprendiz. STIs destinados ao ensino de conceitos visuais diferem de outros sistemas convencionais de ensino na medida em que as habilidades a serem comunicadas por meio do sistema são fortemente dependentes da “leitura” e do relato de padrões de imagens como atividade cognitiva primária.

Sendo assim, tais sistemas devem incluir recursos para que seus aprendizes manipulem e apresentem detalhes de grandes quantidades de dados visuais. De forma semelhante, linguagens e ferramentas de autoria para a criação desses STIs devem permitir que especialistas no domínio criem descrições simbólicas para as imagens e as associem a diretrizes pedagógicas de ensino dos seus conteúdos mais relevantes. O ambiente *RUI-2* inclui técnicas de modelagem da interface que permitem representar e interpretar os aspectos multimodais da interação típica de ensino em Radiologia. Além disso, ele também resume bastante os passos de modelagem do aprendiz. As duas subseções seguintes abordam a autoria dos modelos da interface e do aprendiz.

#### 4.1. Autoria do Modelo da Interface

A autoria do MI (Modelo da Interface) de um STI por meio do ambiente *RUI-2* é organizada entorno de um conceito original, aqui denominado de ITWs (Intelligent Tutoring Widgets). Oferecendo recursos de manipulação direta de objetos gráficos, *RUI-2* permite que o autor descreva a interface de um STI, diminuindo ao máximo a sua carga de trabalho no processo. Mesmo com apenas uma definição inicial sucinta, o sistema de autoria realiza a manutenção de relações semânticas entre os objetos da interface e os três demais modelos do STI de maneira a proporcionar ao autor um nível abstrato de descrição do domínio de especialidade. Isto permite que o autor se concentre nos reais detalhes das melhores representações externas que possuem significados comuns entre especialistas e iniciantes no domínio a ser ensinado.

São 26 (vinte e seis) as classes de ITWs que o ambiente *RUI-2* oferece para a definição inicial do MI (nem todas estão implementadas). Alguns exemplos são:

- tutor orientado por pseudo-língua natural;
- tutor orientado por múltipla escolha;
- navegador de imagens;
- dialogador de apontamento gráfico;
- galeria de arquivamento personalizado de imagens;
- editor de mapas conceituais.

O autor do material de curso propõe uma disposição inicial de objetos selecionados a partir das 26 classes de ITWs para definir tantas interfaces parciais quantas forem necessárias. A partir daí, a tarefa de autoria se destina a associar cada interface definida a uma ou mais características da perícia para as quais a interface é benéfica ao desenvolvimento. A Figura 1 mostra um fragmento da interface do ambiente *RUI-2* em modo de autoria do MI. As classes de ITWs permitem a oportunidade de combinar objetos de interface cujas representações finais resultem em STIs enquadráveis em uma escala que vai de atuações mais passivas (aprendiz em controle da interação) até aquelas mais ativas (STI em controle da interação). Também é possível definir interfaces de características mistas, conhecidas com sendo de descoberta-guiada.

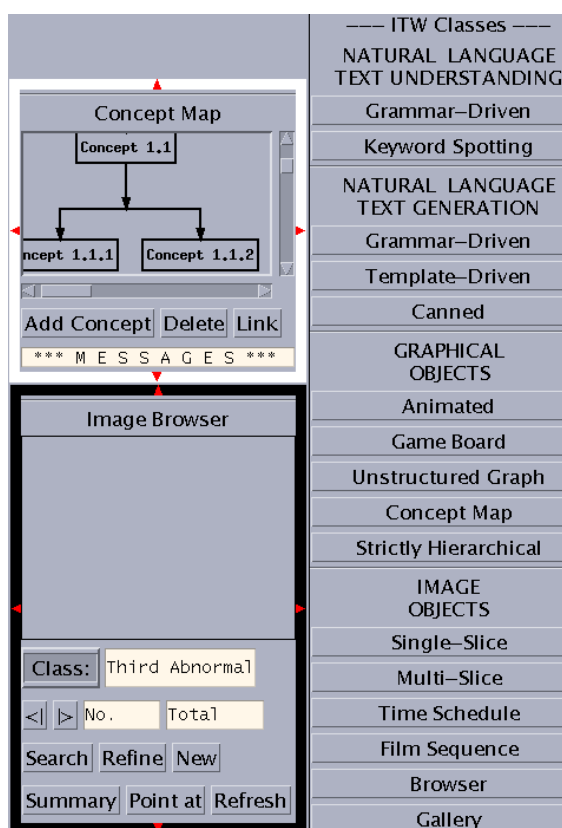


Figure 1. Vista da ferramenta autoria (MI).

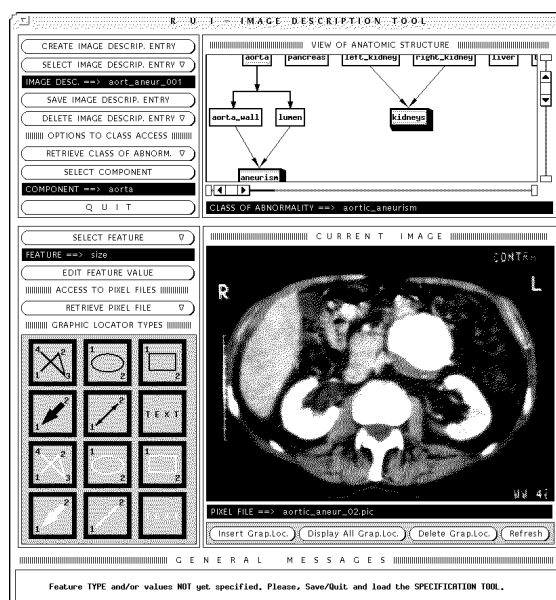


Figure 2. Vista da ferramenta de ensino.

#### 4.2. Autoria do Modelo do Aprendiz

A autoria do MA (Modelo do Aprendiz) de um STI é centrada na definição de estereótipos. Isto é feito por meio do ajuste de limites dos parâmetros percentuais de desempenho das 15 características da perícia (ou apenas parte delas) no domínio de especialidade, distribuídas ao longo de uma escala de tempo. Em seguida, a tarefa de autoria deve ser concentrada na associação de cada estereótipo com regras de ensino (se houver) previamente definidas no modelo pedagógico. Isso proporciona melhores chances do STI personalizar sua atuação e se adaptar aos aprendizes. Da mesma forma que ocorre com a definição de interfaces, o autor de curso pode criar tantos estereótipos de aprendizes quantos forem necessários.

A parte final da definição do MA se desenvolve por meio da inclusão de restrições lógicas destinadas a reforçar o poder de monitoramento do STI em relação ao nível de competência do aprendiz. Tais restrições são então aplicadas nas condicionais de regras de alteração de estado do aprendiz, as quais podem ser de dois tipos: ajuste e re-enquadramento. As regras de ajuste se destinam à correção de pequenos desvios entre pares (ou triplas, etc) de valores de desempenho das características da perícia. Já as regras de re-enquadramento se destinam a corrigir grandes desvios de classificação de um indivíduo entre um estereótipo e outro diferente (o que também irá provocar mudanças substanciais na abordagem pedagógica). Este recurso adicional de refinamento permite que o STI realize o monitoramento de longo prazo do aprendiz, tentando evitar as limitações convencionais de modelagem de usuários relatadas na literatura científica,



tais como a já citada perda de sincronismo entre o modelo digital do aprendiz e o modelo mental do ser humano [6].

Um exemplo de regra de ajuste se encontra na Figura 3. A regra se baseia na restrição entre os valores de desempenho de duas características da perícia, “vocabulário técnico” e “diagnóstico diferencial,” de forma a mantê-los sempre próximos um do outro no longo prazo. Caso essa regra seja ativada em algum momento de funcionamento do STI, as ações a serem realizadas são duas: (1) ajustar para 30% o valor de desempenho da característica da perícia “vocabulário técnico;” (2) sinalizar a característica da perícia “diagnóstico diferencial” como foco de exercícios de diagnóstico para que o modelo pedagógico se concentre mais no seu desenvolvimento.

Um exemplo de regra de re-enquadramento se encontra na Figura 4. A regra tem como objetivo a promoção de um aprendiz atualmente enquadrado como sendo do estereótipo “R2” (residente do segundo ano de treinamento) para passar a ser um “R3” (residente do terceiro ano). Caso essa regra seja ativada durante o funcionamento do STI, as ações a serem realizadas são três: (1) alterar a herança de modelos do aprendiz para ser agora uma instância do estereótipo “R3;” (2) sinalizar a característica da perícia “diagnóstico diferencial” para que o modelo pedagógico se concentre mais no seu desenvolvimento; (3) o mesmo para “consistência de relações lógicas.”

Como forma de complementar os recursos de alteração de estados de aprendizes em estereótipos, *RUI-2* também permite atribuição de pesos às diferentes características da perícia radiológica como forma de simplificar o processo de autoria. Se o autor optar por esse recurso, a classificação de um aprendiz passa a ser feita pelo STI também por meio do cálculo da média ponderada dos valores de desempenho das 15 características.

```
RULE Adjust_Tech_Vocab:  
IF NOT 2D3D_and_Tec_Vocab & Technical_Vocabulary < 30 THEN  
    ADJUST(Technical_Vocabulary, 30) ;  
    WAVE(Differential_Diagnosis);  
END_RULE.
```

**Figure 3. Exemplo de regra de ajuste.**

Sendo assim, mesmo quando o autor não inclui nenhuma regra de ajuste ou re-enquadramento na definição dos estereótipos, o STI ainda é capaz de realizar o monitoramento de longo prazo de um aprendiz por meio deste formalismo puramente numérico, independente do domínio de especialidade, de forma semelhante aos auto-ajustes relatados na literatura de pesquisa [12].

```
RULE Promote_on_2D3D_Mapping:  
IF NOT 2D3D_Perception THEN  
    RECLASSIFY_AS("R3");  
    WAVE(Differential_Diagnosis);  
    WAVE(Consistency_of_Logic_Relations);  
END-RULE
```

**Figure 4. Exemplo de regra de reenquadramento.**

## 5. A Ferramenta de Ensino

A *shell* STI do ambiente *RUI-2* se constitui de um protótipo de software capaz de conduzir diálogos de ensino de longo prazo em domínios de conceitos visuais especializados. Seu modelo principal de interação é baseado em um interpretador de diálogos orientado por 15 (quinze) efeitos pedagógicos de desenvolvimento de habilidades, um para cada característica da perícia em campos de conceitos visuais (vide Subseção 3.2). Os 15 efeitos são genéricos através de diversos domínios de conceitos visuais, particularmente os de anormalidades estudadas em Radiologia médica, conforme pudemos constatar por meio de experimentos e entrevistas. Isso expande as fronteiras do que se conhece como interpretadores de diálogos para conceitos visuais especializados, os quais contavam com poucos efeitos pedagógicos.

A interface da ferramenta de ensino (ver Figura 2) é montada em tempo de carga de qualquer sessão tutorial, levando em consideração dois aspectos principais: (1) os objetos ITWs inicialmente definidos pelo autor para o estereótipo no qual o aprendiz se enquadra no momento; (2) objetos adicionais, adaptados ao longo do tempo, para satisfazer às necessidades de um aprendiz específico. Conforme explicado anteriormente, o modelo de objetos da interface aqui apresentado inclui o preenchimento apenas parcial da superfície de interação com o aprendiz. Isso serve como ponto de partida do STI para ativar os diálogos e expandir o espaço e a disposição de elementos da interface.

A multimodalidade da interação com a ferramenta de ensino do ambiente *RUI-2* reflete vários dos comportamentos do professor (humano) e do aprendiz necessários ao ensino de Radiologia. De igual importância é o grau de passividade ou reatividade resultante da composição de objetos da interface do STI num dado momento. Por exemplo, quando o aprendiz utiliza um objeto da classe “navegador de imagens,” a interface se comporta de uma forma mais passiva, permitindo a exploração de casos e suas soluções por meio da busca por imagens, assim como a visualização de elementos anormais de interesse para o diagnóstico.

Já a utilização de um objeto da classe “galeria de arquivamento personalizado de imagens” tende a levar a resultante de forças de interação para um nível reativo. Isso se deve à possibilidade de tanto o aprendiz como o STI poderem adicionar imagens à galeria consideradas de relevância pedagógica para o indivíduo em treinamento, o que constitui também um importante recurso de personalização do ensino.

Adicionalmente, a presença de um objeto da classe “tutor orientado por pseudo-língua natural,” por exemplo, provoca um grau de intervenção bem maior do STI sobre o aprendiz. Apesar disso, descontados os aspectos filosóficos que envolvem uma abordagem genuinamente instrucionista, os benefícios de adaptação ao nível do aprendiz podem aumentar quando o sistema atua dentro desta linha de maior atividade pedagógica. Para reforçar a visão aqui defendida a esse respeito, vale lembrar que os principais objetos da interface, de alguma forma, terão sido parte da escolha do autor de curso, em algum momento do processo de autoria.

Ressalta-se aqui também que o ambiente *RUI-2* se destina apenas a diálogos a respeito de aspectos anormais da anatomia do corpo humano, detectáveis por meio da análise puramente visual. Ou seja, nem todos os conceitos visuais especializados da Radiologia médica podem ser manipulados coerentemente pela ferramenta de ensino.



T: Click the mouse on all calcified areas of the aneurysm.  
R1: <mouse-clicks>  
T: Right. Make an interactive measurement of the size of the aneurysm.  
R1: <use of measuring resources>  
T: Choose one of the following options: <window pops-up>  
R1: <mouse-click>  
T: What do you think the arrows above indicate?  
R1: The aorta is affected by the thrombus.  
T: The aorta as a whole is not affected by the thrombus. Can you be more specific by pointing which subpart(s) of the aorta is affected by the thrombus?  
R1: <mouse-click> ...

**Figure 5. Diálogo simulado com um aprendiz iniciante.**

A Figura 5 mostra um fragmento de diálogo simulado entre o STI e um aprendiz iniciante no domínio de “aneurismas da aorta” na região do abdômen (a base de conhecimento foi projetada inicialmente com termos na língua inglesa). Já a Figura 6 mostra um diálogo simulado equivalente com um aprendiz de nível intermediário de competência. É importante notar nos dois exemplos que, mesmo com o STI funcionando em modo ativo, o diálogo com o iniciante é predominantemente guiado por tarefas de simples escolha de opções ao passo que as avaliações mais frequentes no diálogo com o aprendiz de nível intermediário são de caráter qualitativo.

T: Give your impressions about this case.  
R2: the kidneys are small. the aorta wall is smooth.  
T: Indeed, the left kidney is small. That's right, the right kidney seems to be small. In cases of aortic aneurysm, the wall of the aorta is often affected by the thrombus. In fact, once the process of dilatation starts, the tendency of blood turbulence increases, resulting in the cyclic formation of thrombus on the aorta wall. As a result, the presence of the thrombus obstructs the lumen, ...  
R2: dilated.  
T: The aorta is dilated in this image. What is the calcification of the aorta?  
R2: the aorta is calcified.  
T: Indeed, the aorta seems to be calcified. In your opinion, is there any danger of rupture of the aorta in this specific case?  
R2: no.  
T: Since the width of the aneurysm is 7.2 cm, there is a considerable danger of rupture ...

**Figure 6. Diálogo simulado com um aprendiz de nível intermediário.**

## 6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Foi apresentada uma abordagem para a criação de STIs organizada a partir da autoria de objetos de interface associados a modelos de aprendizes e suas diretrizes pedagógicas preferenciais. Dados provenientes de um estudo empírico em ambientes reais do ensino de Radiologia médica confirmaram relatos anteriores da literatura sobre algumas características da perícia em Radiologia médica e substanciaram a catalogação de várias

outras características nunca antes formalizadas e publicadas. O protótipo *RUI-2*, que se encontra em fase avançada de implementação, sintetiza as idéias teóricas aqui apresentadas.

Defendeu-se aqui também que, se os STIs pretenderem apoiar o desenvolvimento da competências em diversos domínios visuais de especialidade, como no caso da Radiologia médica, a interface do sistema deve ser constantemente informada a respeito dos estágios de desenvolvimento em que o aprendiz se encontra. Tal informação só pode ser proveniente do modelo dinâmico do aprendiz que é mantido pelo STI durante um longo prazo de treinamento.

O desafio futuro de pesquisa será o de avaliar as ferramentas construídas em um ambiente real de residência médica. O objetivo deste novo trabalho será o de reunir dados quantitativos e qualitativos tanto dos recursos de autoria do *RUI-2* quanto do rendimento de aprendizes que utilizam o material de curso com ele produzido. Nessa perspectiva, o ambiente *RUI-2* será tomado por professores de Radiologia como um grande laboratório, onde novas representações externas do conhecimento radiológico podem ser inventadas e testadas juntamente com diferentes abordagens pedagógicas.

## 7. Referências

- [1] A. Collins, P. Neville, K. Bielaczyc (2000). The role of different media in designing learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11(1):144-162.
- [2] M. Sharples, N. Jeffery, B. du Boulay, B. Teather, D. Teather, and G. du Boulay. (2000). Structured computer-based training in the interpretation of neuroradiological images. *International Journal of Medical Informatics*, 60(3):263. 280.
- [3] S. Ainsworth, (2006) DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16 (3), 183-198.
- [4] R. Power, D. Scott (1998). Multilingual authoring using feedback texts. In *Proceedings of the 17th International Conference on Computational Linguistics (COLING/ACL-98)*, pag. 1053-1059.
- [5] D. Cury, N. Omar, A. Direne (1998). Modelos baseados em estereótipos e oráculos para a aprendizagem de conceitos visuais. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 2, pp 43-53, 1998.
- [6] K. Luchini, C. Quintana, and E. Soloway (2004). Design guidelines for learner-centered handheld tools. In *Proc. of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2004)*, pp. 24.29.
- [7] S. Bull and J. Kay (2007). Student models that invite the learner in: The SMILI open learner modelling framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 17(2):89-120.
- [8] S. Lam, J. Pan, D. Sleeman, and W. Vasconcelos (2006). A finegrained approach to resolving unsatisfiable ontologies. In *Proc. of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI-2006)*.
- [9] I. Arroyo, T. Murray, B. Woolf, and C. Beal (2004). Inferring hidden learning variables from student help seeking behavior. In *Proc. of the 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS2004)*, pages 782.784. Springer.
- [10] P. Gott and A. Lesgold (2000). Competence in the workplace: How cognitive performance models and situated instruction can accelerate skill acquisition. In R. Glaser, editor, *Advances in Instructional Psychology*. Lawrence Erlbaum.
- [11] A. Direne, D. Scott (2001). Identifying the component features of expertise in domains of complex visual recognition. *Relatório Técnico ITRI-01-23*, Information Technology Research Institute, University of Brighton - Inglaterra.
- [12] M. Estep, editor (2006). *Self-Organizing Natural Intelligence: Issues of Knowing, Meaning, and Complexity*. Springer, New York.