

# Aplicação de estratégias de construção de conhecimento em um ambiente probabilístico de aprendizagem

Louise Jeanty de Seixas<sup>1</sup>, Cecília Dias Flores<sup>2</sup>, André Meyer Silvestre<sup>2</sup>, Rosa Vicari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Informática na Educação – UFRGS (PGIE/UFRGS)  
Caixa Postal 5071 – 90.041-970 – Porto Alegre – RS – Brasil  
seixas@farmacia.ufrgs.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação – UFRGS (PPGCC/UFRGS)  
Caixa Postal 15064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brasil  
{dflores, rosa}@inf.ufrgs.br    andre.silvestre@terra.com.br

**Resumo.** Este trabalho discute a aplicação de estratégias pedagógicas para a construção do conhecimento, em um ambiente probabilístico de aprendizagem para o domínio médico. O ambiente AMPLIA é constituído por um sistema multiagentes e utiliza redes Bayesianas para a representação do conhecimento. O modelo de rede construído pelo aprendiz é comparado ao modelo do especialista e as diferenças são tratadas de acordo com estratégias pedagógicas baseadas na interação e na negociação. O objetivo é possibilitar que o aprendiz visualize a organização de suas idéias, elabore e teste hipóteses e as reavalie constantemente.

**Palavras-chave:** Ambientes Interativos de Aprendizagem, Inteligência Artificial Aplicada à Educação, Fundamentos Pedagógicos de Informática na Educação

## 1. Introdução

O modelo pedagógico construtivista, baseado na teoria de Piaget [PIA1971] destaca a importância da relação sujeito-objeto para a construção do conhecimento. É desta relação que novas estruturas mentais são construídas, a partir da assimilação e acomodação de novos conhecimentos em estruturas pré-existentes.

No processo educacional construtivista, o professor atua como mediador nessa relação, utilizando estratégias pedagógicas diferenciadas, estimulando o aprendiz a explorar o ambiente e a fazer as suas descobertas.

Em ambientes inteligentes de aprendizagem, a função do professor é assumida por um Agente Mediador, que deve ser igualmente capaz de utilizar estratégias pedagógicas adequadas para apoiar o processo de construção de conhecimento do aprendiz.

Este trabalho discute a aplicação dessas estratégias em um ambiente probabilístico de

aprendizagem para o domínio médico [SEI 2002]. Este ambiente, AMPLIA, é composto por um sistema multiagentes e utiliza redes Bayesianas para a representação do conhecimento. A seção 2 apresenta algumas estratégias e suas aplicações na educação enfocada no construtivismo. A seção 3 descreve o ambiente AMPLIA e a seção 4 discute a aplicação das estratégias no ambiente. As considerações finais e os encaminhamentos futuros são apresentados na seção 5. Finalmente, a seção 6 apresenta as referências deste trabalho.

## 2. Estratégias e suas aplicações no construtivismo

O termo *estratégia* designa a arte de dirigir um conjunto de disposições e de planejar ações de acordo com o contexto, para atingir um determinado objetivo. Por *tática*, entende-se uma ação localizada, de menor porte, como parte integrante de uma estratégia.

Em sua obra “O jogo da interação: informação e comunicação em estratégia”, Pierre Fayard [FAY 2000] faz uma análise detalhada de várias estratégias, focadas em um objetivo que pode ser chamado de estático - como a conquista de um território geográfico, um espaço comercial ou político, um benefício ou um favor. Tendo sido atingido o objetivo, as ações cessam totalmente ou, quando se mantêm, têm como objetivo a manutenção do estado conquistado.

Um dos exemplos que o autor utiliza é o de um cenário de disputa, onde os atores são adversários que perseguem o mesmo objetivo. É uma situação de vitória ou derrota onde cada um busca o máximo de eficiência e o mínimo de esforço. A partir da observação e análise da situação (os recursos do adversário, a comparação com os próprios recursos, o estado de espírito, o terreno onde se encontram, etc.) é que um ator irá fazer a sua avaliação e tomar uma decisão (atacar, recuar ou buscar reforços). Destaca-se neste exemplo, a dependência entre as informações obtidas e analisadas e a ação de cada um dos competidores.

Em termos estratégicos, não é a informação conhecida que faz a diferença, o valor de uma informação decorre da transformação que aquele que a detém consegue realizar, pois “a informação visa a representar, o mais exatamente possível, uma situação e suas evoluções no tempo e no espaço” [FAY 2000, p.60].

Complementando o exemplo, não basta saber os recursos que o adversário tem, mas também se estes são adequados à situação, se podem ser mobilizados a qualquer momento, se podem ser repostos, etc.

Ao cruzar a informação e enriquecê-la a partir de sua própria perspectiva, em função de suas intenções e capacidades, é que o ator poderá utilizá-la em seu benefício, adquirindo liberdade de ação. Esta liberdade de ação é citada por Fayard, como sendo “*poder casar um olhar panorâmico a uma atenção contínua e focalizada em objetos delimitados, para compreender, situar, prever e saber onde, quando e como agir conforme seus interesses*” [FAY 2000, p.39]. A informação valorizada é aquela relacionada aos valores e interesses de cada um. Isto exige que se tenha o mínimo de conhecimento de si mesmo e de seu ambiente, para poder desenvolver seu objetivo da maneira mais independente possível das intenções e ações dos outros.

A interação ou a relação existente entre todos os elementos envolvidos em uma estratégia é por si mesmo um elemento fundamental na estratégia.

Aquele que consegue ter a visão das partes do conjunto e de suas interações, como se tivesse uma visão “de fora,” dispõe de uma vantagem decisiva, pois esta posição permite que este ator tenha uma liberdade de ação, ao fazer uma análise global do contexto, e redirecionar suas ações para seu objetivo. Esta ação é puramente intelectual, permitindo distinguir as fases de movimentação destas relações. Segundo Fayard, “*tal apreciação é objetiva (fatos e dados) e subjetiva (julgamentos e opiniões)*” [FAY 2000 p.54].

Transpondo essa discussão para a área educacional, igualmente aqui a aplicação de estratégias exige uma definição clara dos objetivos a serem alcançados.

Em uma proposta construtivista, o objetivo é a *construção do conhecimento*. O cenário não é uma disputa entre adversários, onde um ganha, na medida em que o outro perde. O objetivo é dinâmico e os atores podem colaborar entre si, com benefícios mútuos. A presença de outro participante no cenário, pode levar a uma relação de parceria e de colaboração pois, na teoria construtivista, o aprendiz utiliza suas estruturas cognitivas para interagir com o objeto (meio), assimilando fatos e dados significativos, que serão acomodados através de formulações de hipóteses, experimentações, generalizações e abstrações, originando novas estruturas cognitivas. A presença de outro participante, por si só já altera a relação com o objeto, que passa a ser diferente, propiciando novas interações, assimilações e acomodações. A comunicação entre os participantes dinamiza este processo, pois pode levar a diferentes expressões de opiniões e julgamentos, alterando e enriquecendo o ambiente como um todo.

Neste ponto destaca-se o papel das estratégias pedagógicas construtivistas: Se por um lado o objetivo é dinâmico, pois o objeto (ambiente) está em contínua transformação e com isso as estratégias devem adaptar-se a estas transformações, por outro lado as estratégias também devem estimular a transformação do objeto (ambiente), oferecendo ao aprendiz novos ângulos de observação e questões para reflexão. O professor assume o papel de parceiro e colaborador e principalmente o de *mediador no processo de construção do conhecimento*.

Em respeito à liberdade de ação do aprendiz, a negociação é a estratégia utilizada, onde o professor-mediador indica e sugere questões ao aluno-aprendiz, que pode ou não aceita-las, de acordo com seus próprios interesses. Caberá ao mediador adequar as estratégias para que o aprendiz se sinta estimulado a rever seus

conhecimentos, de modo que possa continuamente avançar no processo de construção do conhecimento.

Uma relação de estratégias pedagógicas construtivistas, aplicadas a ambientes de aprendizagem, foi apresentada por Murphy [MUR 2002] visando à elaboração de um *checklist* para a caracterização de ambientes de aprendizagem com propostas construtivistas.

De modo geral, estas características devem indicar que:

- A busca do conhecimento é estimulada, visando os objetivos do aprendiz;
- Existem as possibilidades e estímulos para realizar múltiplas representações e perspectivas do conhecimento;
- O professor assume o papel de mediador, tutor ou facilitador e o aluno assume o papel central;
- As metas e objetivos são definidas pelo aprendiz, ou através de negociação com o professor ou com o sistema;
- O ambiente em si, as atividades, as ferramentas têm por objetivo estimular a metacognição, auto-avaliação e reflexão;
- As situações de aprendizagem apresentam a complexidade natural de “situações reais”, pela utilização de dados primários;
- No processo de construção de conhecimento, as estruturas cognitivas prévias são levadas em consideração;
- Erros e dúvidas são encarados como oportunidades para auto-avaliação dos conhecimentos, crenças, etc.;
- O processo ocorre no contexto individual e através de negociação, colaboração e experiências sociais;

Em resumo, o modelo da construção do conhecimento é um processo de aprendizagem em que, através da interação sujeito/objeto, da observação, da formulação de hipóteses, da reflexão e da abstração, processam-se alterações nas estruturas cognitivas do indivíduo, originando novos esquemas cognitivos. A estratégia pedagógica fundamental neste modelo é a *interação*, apoiada pela *negociação*.

### 3. AMPLIA - Ambiente Probabilístico Inteligente de Aprendizagem

AMPLIA é um ambiente inteligente de aprendizagem, projetado para apoiar o desenvolvimento do raciocínio diagnóstico e a modelagem de hipóteses diagnósticas na área médica. Essas habilidades, entre outras, são desenvolvidas pelos estudantes de medicina, durante sua formação, com o uso de técnicas pedagógicas como aulas expositivas, seminários de discussão de casos, etc. AMPLIA pode ser utilizado como um recurso adicional neste contexto, possibilitando que o aprendiz represente, formalize e teste suas hipóteses.

Como o domínio médico envolve conhecimentos complexos, com um certo grau de incerteza, a representação destes conhecimentos torna-se mais difícil. Um recurso para representar este conhecimento é a utilização de redes Bayesianas - são grafos orientados acíclicos, compostos por nodos que representam as variáveis e por arcos orientados que representam as relações de dependência probabilística entre os nodos<sup>1</sup>. Existem evidências empíricas de que o raciocínio probabilístico é similar aos padrões do raciocínio humano [PEA 1993] e revisões de estudos de casos publicados no domínio médico apóiam a hipótese de que um médico, quando realiza um diagnóstico, implicitamente executa um raciocínio probabilístico. Citamos alguns sistemas que utilizam as redes Bayesianas com diferentes objetivos. *Pathfinder* é um exemplo de um sistema, para diagnose de doenças linfáticas, desenvolvido pelo Medical Computer Science Program of Stanford University [HEC 1992], [RUS 1995]. Outro sistema é o *Medicus* [FOL1996], para o ensino na área médica baseado na resolução de problemas.

Em sua maioria, os sistemas existentes, baseados nas redes Bayesianas, contêm uma base de conhecimento interna que pode ser usada (consultada) mas não criada ou modificada pelo aprendiz. A proposta do AMPLIA é que o estudante de Medicina utilize uma rede Bayesiana para criar a sua representação do conhecimento, envolvendo aspectos qualitativos e quantitativos, a partir de um determinado problema apresentado para estudo. Esta rede do aprendiz será comparada à do especialista, que se encontra armazenada no ambiente e as diferenças entre elas serão tratadas através de estratégias pedagógicas

---

<sup>1</sup> A intensidade da relação de um nodo  $X_i$  com  $pa(X_i)$ , seus nodos pais (nodos com arcos direcionados para  $X_i$ ), é dada por  $P(X_i | pa(X_i))$ , a distribuição de probabilidades condicionais de  $X_i$  dado seus pais. A  $P(X_1, \dots, X_n)$  é a distribuição probabilística conjunta de todas as variáveis. Se  $pa(X_i)$  for um conjunto vazio,  $P(X_i | pa(X_i))$  reduz-se à distribuição incondicional de  $X_i$ .

adequadas a cada caso. O objetivo é possibilitar que o aprendiz visualize a organização das idéias, elabore e teste hipóteses e as reavalie constantemente. Desta maneira, o aprendiz interage diretamente com o conhecimento, manipulando-o e observando as conseqüências de suas intervenções.

A arquitetura do AMPLIA (Figura 1), é formada por três agentes cognitivos (LearnerAgent, MediatorAgent e DomainAgent), duas bases de dados (BD Domínio) e (BD Estratégias pedagógicas), além do módulo de interface.

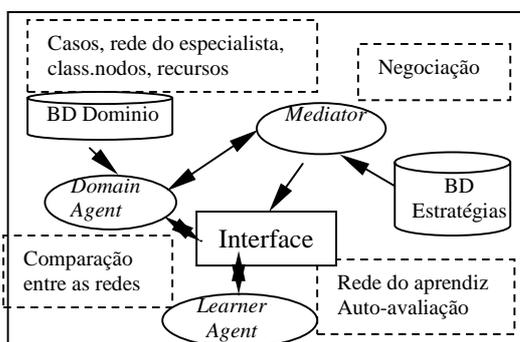


Figura 1- Arquitetura do AMPLIA

O LearnerAgent representa as crenças do aprendiz sobre o domínio (o modelo de rede do aprendiz) e o grau de confiança que este aprendiz tem em seu modelo.

O DomainAgent compara o modelo da rede do especialista com o modelo construído pelo aprendiz, identificando pontos de conflito que permitirão a classificação da rede (Tabela 1). O resultado desta análise é encaminhado para o MediatorAgent.

Classificação	Características da rede
Inviável	Não atende a definição de redes Bayesianas
Incorreta	Rede conceitualmente incorreta
Incompleta	Ausência de nodos ou relações importantes
Viável	Satisfaz o estudo do caso, apesar de diferente do modelo do especialista
Completa	Idêntica ao modelo do Especialista

Tabela 1 – Classificação da rede do aprendiz

O MediatorAgent coordena a negociação tomando decisões sobre a intervenção no

processo de construção do modelo de rede do aprendiz

A comunicação entre os agentes do AMPLIA é feita com um padrão de referência, através da troca de mensagens. O contexto desta mensagem irá definir a interpretação pelos agentes.

A Base de Dados do Domínio também armazena a classificação dos nodos (Tabela 2), os recursos de explanação fornecidos pelo especialista (utilizado pelo MediatorAgent sob a forma de argumentos) e um texto sobre o problema modelado (apresentado ao aprendiz).

Nodo	Característica
Trigger	Seleciona o diagnóstico como solução potencial para o problema..
Essencial	Assegura a identificação do diagnóstico.
Complementar	Aumenta a probabilidade do diagnóstico.
Excludente	Indica que o diagnóstico é improvável (i.e., possui uma probabilidade baixa).

Tabela 2- Classificação dos nodos

A interface viabiliza a interação com o aprendiz e apresenta uma ferramenta gráfica de construção e consulta a modelos de redes probabilísticas, denominada SEAMED<sup>2</sup> [FLO 2001].

A seguir é apresentado um exemplo hipotético do uso do AMPLIA: Após identificar o aprendiz, o LearnerAgent seleciona um estudo de caso disponível na base de dados do DomainAgent. (Figura 2).

<sup>2</sup> Com o uso do SEAMED, é possível fazer a entrada de uma evidência, que será propagada através das demais variáveis de uma rede, com a atualização das probabilidades condicionais dada esta evidência.

<p>Identificação: P.H.S., 33a, feminina, branca, residente em Porto Alegre, RS.  Queixa Principal: "Febre há 5 dias"  História da Doença Atual: Paciente queixando-se de início abrupto de febre alta até 39°C, dores em articulações de membros superiores e inferiores, e mialgia difusa. A febre começou há cerca 6 dias e não responde satisfatoriamente ao uso de AAS, e anti-inflamatórios. No terceiro dia após o início da febre, iniciou com forte cefaléia frontal, e dor retro-ocular. Sente-se também muito prostrada. Nega tosse ou dispnéia. A paciente é casada com um caminhoneiro, e refere ter viajado ao estado de Alagoas há 12 dias. Vem apresentando desde ontem, náuseas, vômitos, e um episódio de hematêmese.</p> <p>Sinais Vitais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FC (Freq. Cardíaca): 116 bpm;</li> <li>- FR (Freq. Respiratória): 28 ipm;</li> <li>- PA (Pressão Arterial): 80/50mmHg;</li> <li>- Temperatura: 38.2°C</li> </ul> <p>Exame Físico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mucosas hipocoradas, face pálida.</li> <li>- Ectoscopia : Preseça de petéquias no abdome;</li> <li>- Extremidades: Cianose. Mãos frias, com sudorese. Pulso filiforme.</li> <li>- Ausculta Pulmonar: MVUD s/RA (Murmúrios vesiculares uniformemente distribuídos sem presença de ruídos adventícios).</li> <li>- Ausculta Cardíaca : RR 2T s/sopros (ritmo regular, 2 tempos), taquicárdico, BHF (bulhas hipofonéticas).</li> <li>- Oroscofia: Sinais de sangramento gengival;</li> <li>- Otoscopia: sem particularidades;</li> <li>- Abdome: RHA + (ruídos hidroaéreos positivos). Fígado palpável (palpação dolorosa) 4cm abaixo do rebordo costal direito . Sem sinais de ascite à percussão.</li> <li>- À compressão de braço com esfigmomanômetro por 5 minutos, aparecimento de cerca de 10 petéquias por cm².</li> </ul> <p>Exames Laboratoriais: Ht: 52    Hb: 17.3    VCM: 92  CHCM : 26,8  Leucócitos: 9100, Bast:6%(546), Seg: 42%,  Mon:5%, Lymph:48%, Eo:5%  Contagem de Plaquetas: 90.000</p>
--

Figura 2 - Estudo de caso hipotético

Após a leitura do texto, o aprendiz inicia a fase de construção do modelo de sua rede, através do editor gráfico SEAMED. O DomainAgent apresenta na interface, uma lista com todos os nodos relacionados ou não com o caso em questão, e o aprendiz inicia o desenvolvimento de uma rede Bayesiana, selecionando os nodos que considerar apropriados para o caso em estudo. Para efeitos de ilustração, são apresentados exemplos de alguns nodos relacionados ao diagnóstico da Dengue (Tabela 3).

LEGENDA	
<b>AED</b>	Contato (nos últimos 15 dias) com área onde esteja ocorrendo transmissão de dengue ou tenha presença do mosquito <i>Aedes aegypti</i> .
<b>AHT</b>	Aumento de Hematócrito de 20% sobre o basal, na admissão
<b>APA</b>	Ausência de Pressão Arterial
<b>APC</b>	Aumento de permeabilidade capilar
<b>ART</b>	Artralgia - Dor nas articulações
<b>CCV</b>	Choque Cardio Vascular
<b>CEF</b>	Cefaléia - Dor de cabeça
<b>DC-S</b>	Dengue Clássico (apenas Suspeita)
<b>DEP</b>	Derrame pleural
<b>DH</b>	Dengue Hemorrágico (confirmado)
<b>DH-S</b>	Dengue Hemorrágico (apenas Suspeita)
<b>EQI</b>	Equimoses : manchas vermelhas (grandes derrames) na pele
<b>EXA</b>	Exantema – Vermelhidão em pele
<b>FEB</b>	Febre : Doença febril aguda com duração máxima de 7 dias
<b>FEB-S15</b>	Febre : Doença febril aguda com duração superior a 15 dias
<b>HEM</b>	Hematêmese : vômito com sangue
<b>HPM</b>	Hipoproteinemia
<b>MEL</b>	Melena : fezes com sangue
<b>MH</b>	Manifestações Hemorrágicas
<b>MIA</b>	Mialgia - Dor nos músculos
<b>MME</b>	Manifestações Menores
<b>PAA</b>	Pulso Arterial Ausente
<b>PET</b>	Petéquias : pontos vermelhos (pequenos derrames) na pele
<b>PRO</b>	Prostração – Cansaço físico, desânimo
<b>PUF</b>	Pulso Arterial Fino
<b>PUR</b>	Púrpura : pequenas manchas na pele (pequenos derrames)
<b>QHT</b>	Queda do Hematócrito em 20% após tratamento
<b>SCD-S</b>	Síndrome de Choque do Dengue (apenas suspeita)
<b>SDC</b>	Sinais Diagnósticos de Choque
<b>SMC</b>	Sinais Menores do Choque
<b>TAQ</b>	Taquicardia : Freqüência Cardíaca elevada
<b>TCP</b>	Trombocitopenia (plaquetas abaixo de 100.000)

Tabela 3 – Alguns nodos da rede e a legenda

O aprendiz pode elaborar as partes qualitativas e quantitativas do modelo, identificando as variáveis que são “sintomas” e as “diagnósticos”, apresentadas no caso, e estimando a distribuição de probabilidade condicional inicial do conjunto de variáveis selecionadas.

O LearnerAgent envia a parte qualitativa da rede do aprendiz juntamente com a distribuição de probabilidades *a priori* e *a posteriori* para o DomainAgent. Neste momento, o MediatorAgent solicita que o aprendiz informe o grau de confiança que este tem em seu modelo. Esta confiança pode ser Alta, Média ou Baixa. A seguir, o DomainAgent inicia a comparação tanto do relacionamento causal como das probabilidades com o modelo construído pelo especialista do domínio .

A figura 3 apresenta um modelo de diagnóstico sobre a dengue, elaborada pelo especialista.

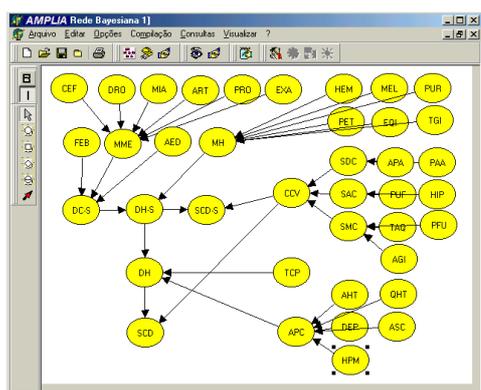


Figura 3- Rede sobre dengue, modelada pelo especialista do domínio

A rede hipoteticamente construída pelo aprendiz está na figura 4.

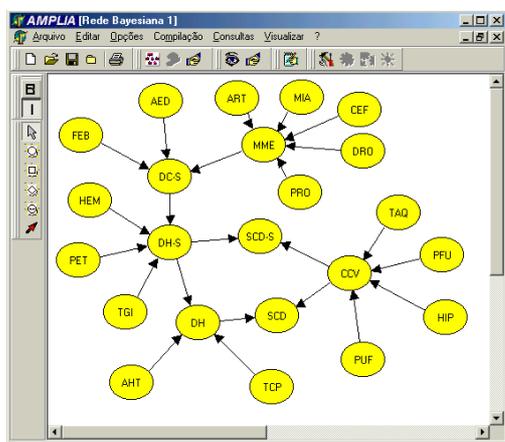


Figura 4- Uma rede hipotética, do aprendiz

Finalmente, combinando as informações do resultado da comparação das duas redes e o grau de confiança declarado, o MediatorAgent seleciona uma estratégia para negociar com o aprendiz, de modo a estimulá-lo a rever suas crenças e esclarecer suas dúvidas.

#### 4. Estratégias pedagógicas no Amplia

Como comentado na seção 2, o processo de construção do conhecimento se dá através da interação sujeito/objeto. Esta é a principal estratégia a ser adotada na metodologia construtivista, contando com o apoio de outras estratégias ou táticas derivadas.

No ambiente virtual, o conceito de interação é bastante amplo, principalmente quando envolve a relação homem/máquina. Primo [PRI 1999], discute longamente este tema e afirma que “*Por mais que se defenda que o chamado “usuário” pode clicar e navegar por onde e quando quiser, na maioria dos ambientes informáticos o interagente só pode agir dentro dos rígidos limites permitidos pela programação*”. (PRI 1999 p. 76). O autor questiona se um aluno, interagindo com um CD-ROM, poderia encontrar tudo o que precisa para a sua formação, sem a necessidade de um professor, de colegas ou de ações reais. No caso do CD, como após a ação do aluno ,a interface volta exatamente para o mesmo ponto, não há uma alteração no objeto, este não se altera.

Sob a perspectiva interacionista de Piaget, se o objeto se mantém inalterado, não há uma real interação. Somente na medida em que o sujeito age e sofre a ação do objeto, desenvolve-se neste sujeito a capacidade de conhecer e produzir o próprio conhecimento.

Portanto, a interação refere-se à “ação recíproca”, com o objetivo de efetuar alguma troca entre as partes, e à relação que emerge da ação entre elas. Tratando-se uma relação entre pessoas (ou agentes inteligentes, como neste caso), este conceito passa a englobar também a colaboração, a negociação, a mediação e finalmente, a liberdade de ação.

No AMPLIA, a interação é viabilizada através da possibilidade de manuseio direto da informação, através das redes Bayesianas mediadas pelo MediatorAgent. Quando o aprendiz acessa o Amplia, escolhendo um caso para estudo, este é apresentado como um texto contendo as informações em forma de dados.

Escolhendo livremente os nodos, o aprendiz pode representar estas informações de acordo com a

sua compreensão ou, em última análise, de acordo com suas hipóteses.

A representação da informação é de indiscutível valor pedagógico, visto que exige uma organização e reflexão do autor. Trata-se de uma primeira etapa de interação, que é a observação do objeto utilizando estruturas cognitivas pré-existentes (por exemplo a capacidade de leitura, significação de palavras, contextualização da terminologia, elaboração de uma hipótese). A representação utilizando uma estrutura gráfica diversa como redes Bayesianas, indica as relações existentes entre os conceitos, com suas respectivas probabilidades. A hipótese fica assim formalizada, podendo ser testada através da propagação da rede.

A liberdade de ação do aprendiz é abordada no AMPLIA, pela solicitação do nível de confiança que o aprendiz tem em sua rede, antes de conhecer o resultado da comparação de sua rede com a do especialista. Isto evita que “a pressão do ambiente ou dos outros”, influencie a decisão do aprendiz. Do ponto de vista pedagógico, aumenta a sua responsabilidade com a sua proposta, pela necessidade de auto-avaliação.

A comunicação entre os agentes (DomainAgent, LearnerAgent e MediatorAgent), tem por finalidade efetuar uma negociação, numa relação de colaboração entre estes. A negociação envolve argumentações ou explicações em forma de troca de mensagens ou diálogo entre os agentes. As argumentações são táticas que têm por objetivo a mudança das intenções e conseqüentemente, as ações do LearnerAgent. Independentemente do argumento usado, o LearnerAgent deve avaliá-lo e decidir se altera suas ações ou não.

De acordo com a classificação da rede do aprendiz em relação à do especialista, e considerando o grau de confiança declarado, o MediatorAgent irá utilizar uma tática de negociação, de modo o próprio aprendiz reveja seu modelo de rede e tente identificar nela os pontos que estão em discordância.

Se a rede do aprendiz apresentar erros de construção como, por exemplo, um ciclo ligando os nodos, o MediatorAgent enviará ao aprendiz uma mensagem do tipo: “Seu modelo de diagnóstico não está de acordo com a estrutura de redes Bayesianas. Por favor, revise seus conceitos.” Com a indicação do tipo de erro, espera-se que o aprendiz avalie novamente seu modelo de rede, sob a ótica estrutural (não é possível a existência de ciclos, pois um nodo não pode ser pai de si mesmo) e sob a ótica conceitual (uma causa não pode ser efeito em si mesmo).

Neste caso, se o aprendiz declarou uma alta confiança em sua rede, ele pode não ter percebido a existência do ciclo, por exemplo, e este tipo de mensagem fará com que busque este erro. Se, por outro lado, a confiança declarada foi baixa, ou seja, o aprendiz não tem certeza do que fez, esta orientação poderá auxiliá-lo a organizar seus conhecimentos, em termos de estrutura e de conceitos.

Em casos de redes incompletas (quando faltam nodos ou relações importantes), o MediatorAgent utiliza táticas diferenciadas, de acordo com a confiança do aprendiz. Se esta foi declarada como alta, ao receber a mensagem de que a rede está incompleta, o aprendiz sentirá um abalo em sua autoconfiança, portanto MediatorAgent apresentará uma mensagem complementar do tipo: “Considere as seguintes informações ..... (enumeração de outros dados ou argumentos).... e verifique quais os nodos ou relações que são necessários para incluir estas informações em seu modelo”. Desta maneira, ocorre um estímulo a que o aprendiz agregue novas informações ao seu conhecimento já estruturado, ampliando-o através da construção de relações de conceitos, causas e efeitos e pela realização de uma nova testagem de hipóteses.

Ainda no caso de redes incompletas, se o aprendiz declarou uma confiança média, o MediatorAgent estimula para que o aprendiz faça uma autoavaliação mais detalhada de seus conhecimentos prévios, com enfoque prospectivo, solicitando que indique exatamente o ponto de dúvida. Ao indicá-lo, o aprendiz pode solicitar maiores informações sobre este nodo ou relação, reconstruir estes conceitos, realocará-los no contexto e finalmente testar a sua nova hipótese. Caso a confiança declarada pelo aprendiz tenha sido baixa, o MediatorAgent solicita ao aprendiz que indique os nodos ou relações onde tenha maior confiança. Isso levará o aprendiz a uma avaliação retrospectiva de seus conceitos, revendo-os um a um reavaliando-os dentro do contexto. Se o aprendiz desejar, poderá solicitar maiores informações sobre suas dúvidas.

Táticas semelhantes são empregadas nos casos em que o modelo da rede do aprendiz estiver incorreto (presença de nodos ou relações que não podem constar no modelo, como por exemplo nodos excludentes) ou se a rede é viável, porém não está completa.

Se a rede construída pelo aprendiz for idêntica à rede do especialista, mas a confiança declarada pelo aprendiz for média ou baixa, indica que, apesar de ter resolvido o problema, o processo de construção do conhecimento não ocorreu, ou pelo

menos, não está consciente para o aprendiz. O MediatorAgent solicita ao aprendiz que declarou confiança média, que indique os pontos onde tem dúvida e, se necessário, possibilita sua revisão, reconstruindo este conhecimento. Do mesmo modo, para o aprendiz que declarou ter baixa confiança em seu modelo, apesar deste estar correto, o MediatorAgent solicita que sejam indicados os pontos onde este aprendiz deposita sua confiança, levando-o a realizar sua autoavaliação retrospectiva.

A Tabela 4 apresenta uma síntese das táticas utilizadas pelo MediatorAgent.

Táticas do AMPLIA	
1	Seu modelo de diagnóstico está completo, combina com o modelo do especialista.
2	Informe os nodos ou relações causais onde sua confiança seja mais baixa.
3	Informe os nodos ou relações causais onde sua confiança seja mais alta.
4	Considere a seguinte informação: (.....) e reflita sobre que nodos são necessários para incorporar estes achados à sua rede.
4	Seu modelo de rede não está de acordo com as estruturas de redes Bayesianas.

Tabela 4- Táticas do AMPLIA

O MediatorAgent pode analisar os padrões de comportamento do aprendiz, numa analogia ao papel do professor, mudando sua tática em situações de impasse. Por exemplo, se o aprendiz construiu uma rede inviável e insiste em não reavaliá-la, após um determinado número de repetições de comportamento (continuar a construção do modelo) o MediatorAgent pode alterar sua tática, apresentando uma argumentação como: “Sua rede contém ciclos, o que a torna inviável. Indique-os para obter maiores informações sobre o conceito de redes Bayesianas.”

A resposta do aprendiz às propostas e solicitações do MediatorAgent pode ser: solicitar as informações adicionais que estão sendo oferecidas; continuar construindo sua rede, para submetê-la posteriormente ao DomainAgent, solicitar a visualização do modelo de rede do especialista ou abandonar o processo de negociação para retomá-lo posteriormente.

## 5-Considerações Finais

A estratégia de interação proposta no AMPLIA possibilita que o aprendiz interaja diretamente como o objeto, neste caso, um domínio médico real. Utilizando um modelo que representa o raciocínio probabilístico, o aprendiz pode formular e testar suas hipóteses, balizado pelo modelo de um especialista. Através da negociação com Agente Mediador, o aprendiz é estimulado a reavaliar seus conhecimentos em caso de dúvidas, adquirindo confiança ao longo do processo.

O ambiente está em fase de desenvolvimento, após o que, será avaliado em situações reais de aprendizagem, com vistas a futuras aplicações em diferentes domínios.

## 6. Referências:

- [FAY 2000] FAYARD, P. O jogo da interação: informação e comunicação em estratégia. Caxias do Sul: EDUCS, 2000.
- [FLO 2001] FLORES, C.D.; VICARI, R.M.; HÖHER, C.L; LADEIRA, M. Una experiencia en el uso de redes probabilísticas en el diagnóstico médico. Informática Médica, Argentina, n.8, p.25-9, 2001.
- [FOL 1996] FOLCKERS, J.; MÖBUS, C.; SCHRÖDER, O.; THOLE, H. An Intelligent Problem-Solving Environment for Designing Explanation Models and for Diagnostic Reasoning in Probabilistic Domains. Intelligent Tutoring Systems, Third International Conference, ITS '96, Montréal, Canada, June 12-14, 1996. In: Proceedings LNCS 1086, Springer 1996. p.353-362.
- [HEC 1992] HECKERMAN, D; HORVITZ, E, NATHWANI, B. Towards normative experts systems: Part I. The Pathfinder project. Methods of Information in Medicine, 31, p.90-105, 1992.
- [MUR 2002] MURPHY, E. Constructivism: from philosophy to practice. Disponível em <http://www.stemnet.nf.ca/~elmurphy/emurphy/cle.html> acessado em 30 /6/2002
- [PEA 1993] PEARL, J. Belief networks.revisited. Artificial Intelligence, 59, 49-56. 1993.
- [PIA 1971] PIAGET, J. Epistemologia Genética. Petrópolis: Vozes, 1971.
- [PRI 1991] PRIMO, A.F.T. CASSOL, M.B.F. Explorando o conceito de interatividade: definições e taxonomia. In: Informática na Educação: teoria e prática. Porto Alegre: UFRGS. Curso de Pós-Graduação em Informática na Educação, 1999. v.2. n.2. p.65-80.

- [RUS 1995] RUSSEL, S., NORVIG, P. Artificial Intelligence: a Modern Approach. New Jersey: Prentice-Hall, 1995. 932p.
- [SEI 2002] SEIXAS, L.J.; FLORES, C.D.; VICARI, R.M.; LADEIRA, M. An Architecture for an Intelligent Learning Environment with a constructivist approach. In: Architectures and methodologies for building agent-based learning environments. Workshop ITS2002. San Sebastian, Spain, 2002. p.8-15.