

SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES UMA VISÃO GERAL

Andreia de Jesus

Mestre em Informática Aplicada pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Coordenadora do curso de Licenciatura em Computação das Faculdades do Brasil - Unibrasil, Rua Konrad Adenauer, 442 Tarumã. Cep 82.820-540 Curitiba, PR, Brasil
computacao@unibrasil.com.br

Resumo – Este artigo apresenta uma breve reflexão sobre os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) e as áreas de conhecimento que estão contribuindo para melhorar o desempenho destes sistemas. Enfatizando que os STIs precisam ser capazes de identificar as características, crenças, desejos e intenções do usuário (aluno) para poder proporcionar um processo de ensino-aprendizado personalizado.

Palavras-chave: Sistemas Tutores Inteligentes, Ciências Cognitivas, Aprendizagem Personalizada.

Abstract – This paper presents a short study of the Intelligent Tutor Systems (ITS) and knowledge areas are contributing to improve the performance of these systems. Emphasizing that ITS needs to be capable of identifying the user's features, beliefs, desires and intentions. This permits the ITS to offer a personalized learning.

Key-words: Intelligent Tutor Systems, Cognitive Science, Personalized Learning

Introdução

O estudo e o desenvolvimento de ferramentas computacionais voltadas para educação vem sendo realizados desde a década de 50 quando foram apresentados os softwares educacionais chamados CAI – Instruções Assistidas por Computador.

Esta categoria de software é baseada no modelo educacional comportamentalista, onde o professor é a figura central do processo ensino-aprendizagem e o aluno é uma figura passiva, o qual deve compreender os conteúdos passados pelo professor para num segundo momento responder às questões relacionadas ao conteúdo visto. Mas, Segundo Pianesso [1], os software que se baseiam no modelo comportamentalista apresentam alguns pontos negativos:

- O aluno é controlado pelo software; não é uma figura ativa no processo ensino-aprendizagem;
- O aluno é direcionado a tomar algumas atitudes frente a estímulos apresentados;
- Não há uma preocupação com o processo de raciocínio e aprendizado do aluno;
- São utilizados artifícios de reforço como: notas e elogios.

Os CAI apenas apresentam os conteúdos. Estes software não motivam o aluno e nem instigam o seu aprendizado. Neste contexto o aluno é quem precisa se adaptar ao sistema e não o sistema ao modelo de aprendizado do aluno.

Para tornar o sistema adaptado às características do aluno, ou seja, permitir um ensino-aprendizagem personalizado, notou-se a necessidade de inserir “inteligência” nos softwares educacionais. Com isso, as técnicas de Inteligência Artificial (IA) começaram a ser aplicadas nos softwares desta categoria.

Os primeiros sistemas educacionais que apresentaram um certo grau de “inteligência” foram os chamados ICAI – “Inteligente” CAI. Segundo Chaiben [2], os ICAI são sistemas que possuem uma rica representação do seu domínio permitindo utilizar os seus conhecimentos de maneira não diretamente explicitada pelo projetista. Neste contexto, pela modelagem do estudante, os sistemas podem personalizar a instrução, tornando a apresentação apropriada ao nível de conhecimento do estudante e com o seu modo de aprendizagem [3].

Em contrapartida, como declarado por Giraffa [4] (p.17) - “Acrescentar um I à sigla **CAI** não significa apenas agregar técnicas de IA para a construção de sistemas tutores, mas inclui trabalhar

de forma interdisciplinar com as conquistas que outras áreas de pesquisa obtiveram em relação ao conhecimento da comunicação inteligente, tais como os avanços da psicologia e da pedagogia.”

Atualmente esta interdisciplinaridade vem sendo aplicada nos chamados Sistemas Tutores Inteligentes (STIs). Estes sistemas pertencem a categoria de software educacionais que se baseiam na aprendizagem interativa. Neste contexto, o aluno passa a ser o centro do processo ensino-aprendizagem, deixando de ser passivo e tornando-se um ser ativo no processo, além de tornar relevante o seu conhecimento atual e as suas características de aprendizado. Por este motivo, existe uma preocupação em gerar STIs capazes de interagir com o aluno, afim de gerar o modelo cognitivo desse aluno, porque através do modelo gerado será possível selecionar e aplicar a técnica pedagógica mais adequada.

Nas próximas seções serão apresentadas as diferentes áreas de conhecimento que estão sendo aplicadas na modelagem dos STIs, sendo que todas têm como objetivo principal melhorar o desempenho destes sistemas no sentido de torná-los capazes de se adaptar ao modelo cognitivo do usuário (aluno). Além disso, será apresentada a arquitetura clássica dos STIs e as suas limitações.

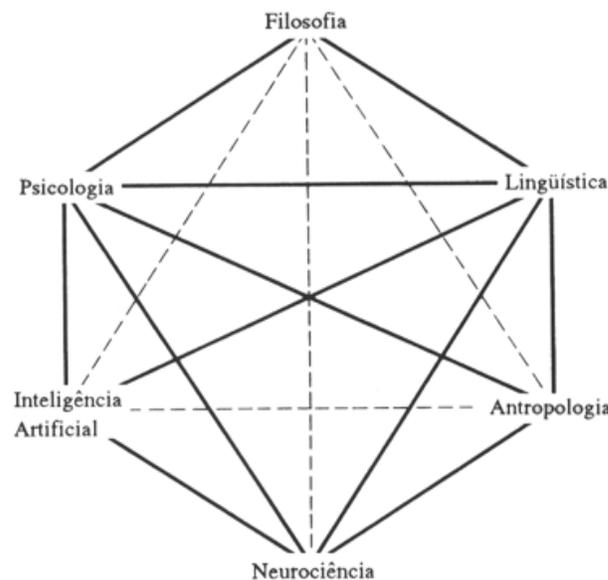
Ciência Cognitiva

Esta ciência surgiu oficialmente em setembro de 1956 no Simpósio sobre Teoria da Informação, realizado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT.

A ciência cognitiva é formada por diferentes disciplinas que tem como objetivo estudar o processo de aquisição de conhecimento. As disciplinas que fazem parte desta nova ciência são as seguintes: filosofia, psicologia, lingüística, antropologia, neurociência e inteligência artificial. As inter-relações entre as seis áreas das ciências cognitivas foram apresentadas em 1978 através do hexágono cognitivo (figura 1).

Apesar das disciplinas das ciências cognitivas terem evoluído individualmente, elas estão convergindo para um mesmo ponto – a abordagem computacional da mente. Baseando-se neste contexto e, como abordado por Bizzotto em sua tese de doutorado [6], as ciências cognitivas vêm apresentando três principais abordagens:

- **Cognitivismo:** funciona através de dispositivos que suportem e manipulem elementos funcionais discretos, os símbolos. Esta abordagem só interage com a forma dos símbolos (seus atributos físicos) e não com os seus significados.



Linhas cheias - fortes vínculos interdisciplinares
 Linhas tracejadas - fracos vínculos interdisciplinares

Figura 1 - Hexágono Cognitivo extraído em [5]

- **Conexionismo:** funciona através de regras locais para operações individuais e regras para mudança na conectividade entre os elementos.
- **Atuante:** funciona através de uma rede que consiste de múltiplos níveis de sub-redes sensorio-motoras interconectadas.

Inteligência Artificial (IA)

O conceito de IA já foi apresentando de forma diferenciada por vários autores, mas a melhor maneira de definir IA é mostrando a diferença entre os sistemas convencionais e os sistemas que utilizam inteligência artificial. Segundo Figueiredo [7], a grande diferença entre os Sistemas que utilizam Inteligência Artificial e os Sistemas Convencionais, é que enquanto os Sistemas Convencionais tem como principal característica armazenar informações, registrar e controlar eventos, a Inteligência Artificial está preocupada em utilizar estas informações para auxiliar nas tomadas de decisões.

Portando, a IA tem como objetivo utilizar a inteligência, ou seja, as faculdades de pensar, raciocinar e compreender para auxiliar na tomada de decisões, procurando para isto utilizar princípios da inteligência humana.

Aprendizado de Máquina

O aprendizado de máquina (AM) é um segmento da Inteligência Artificial que possui um elemento essencial para um comportamento inteligente, a capacidade de aprendizado.

Essa área de AM é responsável por pesquisar métodos computacionais adequados para a aquisição de novos conhecimentos, novas habilidades e novas formas de organização do conhecimento já existente. Segundo Monard et al. [8], o aprendizado denota mudanças no sistema, que são adaptáveis no sentido de que elas possibilitam que o sistema faça a mesma tarefa ou tarefas sobre uma mesma população de uma maneira mais eficiente a cada vez.

O processo de aprendizagem inclui:

- Aquisição de novos conhecimentos;
- Desenvolvimento das habilidades motoras e cognitivas através de instrução e prática;
- Organização de novos conhecimentos em geral ou maneiras efetivas de representar o conhecimento;
- Descoberta de novos fatos e teorias por meio de observações e instruções.

Para trabalhar estas questões de aprendizado de máquina, existem alguns paradigmas [8]:

Paradigma Simbólico: busca aprender construindo representações simbólicas de um conceito através da análise de exemplos e contra-exemplos desse conceito. Para esta representação são utilizados expressões lógicas, árvores de decisão, regras de produção ou rede semântica.

Paradigma Estatístico: busca o aprendizado através da aplicação de métodos de classificação. Os classificadores estatísticos freqüentemente assumem que os valores dos atributos estão normalmente distribuídos, e então usam os dados fornecidos para determinar a média, variância e co-variância da distribuição.

Paradigma Instance-Based: busca o aprendizado também através da classificação. Esta filosofia de aprendizado classifica casos nunca vistos através de casos similares conhecidos.

Paradigma Conexionista: busca o aprendizado através das chamadas redes neurais. As redes neurais são construções matemáticas relativamente simples que foram inspiradas no modelo biológico do sistema nervoso. A representação destas redes envolve unidades altamente interconectadas, no qual o nome conexionista é utilizado para descrever a área de estudo.

Paradigma Genético: este formalismo de classificação é derivado do modelo evolucionário de aprendizado. Um classificador genético consiste de uma população de elementos de classificação que se competem para fazer a predição. Este paradigma possui uma analogia com a teoria de Darwin, onde sobrevivem os mais bem adaptados ao ambiente.

Devido as diferentes formas de aprendizado de máquina, há a necessidade de analisar a melhor ou melhores formas de aprendizado para um determinado domínio e aplicação.

Agentes Inteligentes

A tecnologia de agentes é um estudo da área de Inteligência Artificial Distribuída (IAD). Por sua vez, a IAD é um outro segmento da IA que trata da interação entre agentes inteligentes. O principal objetivo desta área é construir agentes que tomem decisões que permitam-lhes realizar seus objetivos em um mundo povoado por outros agentes com objetivos próprios.

O conceito de agentes já foi apresentado de forma diferenciada por vários autores [9] [10] [11] [12] [13], dependendo do contexto ao qual foi inserido. Mas, de modo geral, um agente é uma entidade autônoma que está integrada em um ambiente e é capaz das seguintes atividades: perceber mudanças de estados no ambiente que está inserido; relacionar-se com outras entidades (agentes artificiais e humanos) inseridas no mesmo ambiente; e realizar ações necessárias para alcançar seus próprios objetivos. A figura 2 apresenta o modelo geral de agente, proposto por Wooldridge em 1999, extraída de [14].

Para tanto, um agente deve ter no mínimo as seguintes características [15]:

- **Autonomia**: executa as suas ações sem ou com o mínimo de interferência direta de agentes humanos ou de outros agentes computacionais, controlando o seu estado interno e as suas ações.
- **Reatividade**: é a capacidade de perceber e reagir às alterações no ambiente em que estiver inserido.

- **Habilidade Social:** é a capacidade de interagir com outros agentes (humanos ou computacionais) quando necessitar de um auxílio para resolver algum problema, ou para auxiliar outros agentes em suas atividades.

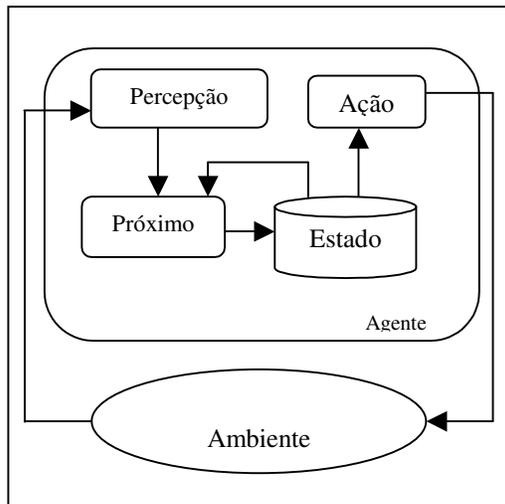


Figura 2 - Modelo Geral de Agente (traduzido de [Wooldridge, 1999])

Arquitetura BDI (*Belief, Desire and Intention*)

As arquiteturas BDI são um segmento da IA que tem explorado modelos de agentes baseados em crenças, desejos e intenções. “As idéias básicas da abordagem BDI são descrever o processamento interno do estado de um agente utilizando um conjunto de categorias mentais (crença, desejo e intenções) e definir uma arquitetura de controle através da qual o agente seleciona racionalmente o curso de suas ações.” [4].

A figura 3, proposta por Wooldridge em 1999 e extraída de [14], apresenta de forma esquematizada a arquitetura genérica de um BDI. A estrutura está organizada da seguinte forma:

- **Crenças:** são uma fundamental parte do estado mental do agente, pois representam o possível conhecimento do agente. Um agente pode ter crenças sobre o mundo, sobre crenças de outros agentes, crenças sobre interações com outros agentes e crenças sobre suas próprias crenças. As crenças podem ser contraditórias, ou seja, pode-se desejar coisas que são mutuamente exclusivas do ponto de vista prático.

- **Desejos:** os desejos de um agente são um conjunto de metas a ser realizadas num período de tempo. Uma meta é tipicamente uma descrição de um estado desejado do ambiente. Os desejos motivam o agente a agir de forma a realizar as meta, tais ações são realizadas através das intenções causadas pelos desejos.

- **Intenções:** assim como os desejos, as intenções contêm a representação dos estados que o agente quer que se verifiquem. Ou seja, representam seqüências de ações específicas que um agente se compromete a fazer para atingir um determinado objetivo.

- **Função de revisão de crença (chamada FRC na figura 3):** recebe a informação sensória, ou seja, percebe alterações no ambiente e, consultando as crenças anteriores do agente, atualiza estas crenças para que elas reflitam o novo estado do ambiente.

- **Função gera opções:** consultando quais as intenções com que o agente já está comprometido, verifica quais as novas possibilidades de coisas a serem feitas, e então uma deliberação deve ocorrer para a escolha de algumas destas novas opções com as quais o agente se comprometerá, atualizando então os desejos do agente.

- **Função filtro:** atualiza o conjunto de intenções do agente com base nas crenças e desejos atualizados e nas intenções já existentes.

- **Função ação:** determina, dentro de um conjunto de intenções, qual ação específica será realizada no ambiente pelo agente a cada momento.

Sistemas Colaborativos

O principal objetivo dos sistemas colaborativos é permitir que as pessoas possam trabalhar juntas com mais facilidade e eficácia, auxiliando nos seguintes aspectos:

- comunicação (compartilhamento de informações);
- coordenação dos esforços individuais de trabalho e uso de recursos;
- colaboração (cooperar em projetos e tarefas comuns);

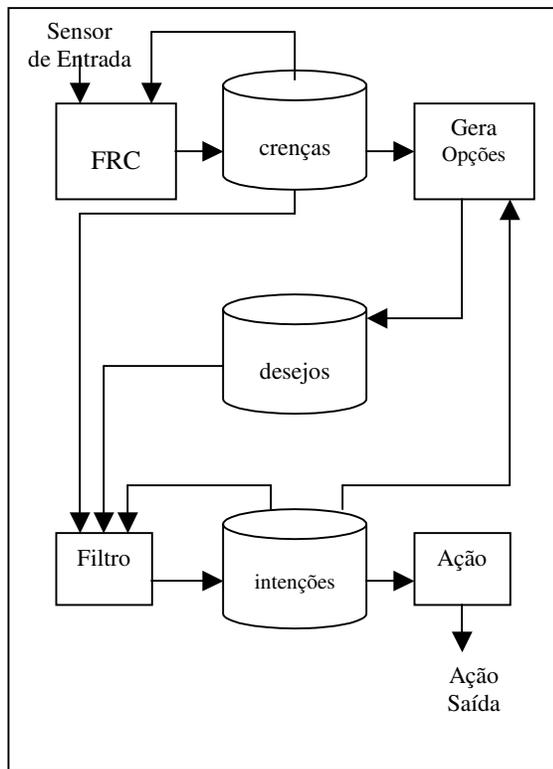


Figura 3 - Arquitetura BDI Genérica

Os sistemas colaborativos permitem que uma equipe ou grupo de trabalho não precisem trabalhar em uma mesma localização física, eles estão unidos pelas tarefas as quais estão colaborando.

A figura 4, extraída de [16], apresenta os componentes dos sistemas colaborativo.



Figura 4 – Componentes dos Sistemas Colaborativos

Teorias de Aprendizagem

As teorias de aprendizagem são um subconjunto das ciências cognitivas. Estas teorias foram definidas da seguinte maneira [5]: “as teorias de aprendizagem buscam reconhecer a dinâmica envolvida entre a ação de ensinar e aprender, partindo do reconhecimento da evolução cognitiva do homem, e tentam explicar a relação entre o conhecimento pré-existente e o novo conhecimento”.

As principais posturas de aprendizagem mais difundidas são:

- **Epistemologia Genética de Piaget:** o ponto central é a estrutura cognitiva do sujeito. As estruturas cognitivas mudam através dos processos de adaptação de assimilação (interpretação de eventos em termos de estruturas cognitivas existentes) e a acomodação (se refere à mudança da estrutura cognitiva para compreender o meio).
- **Teoria Construtivista:** o aprendizado é um processo ativo, baseado em seus conhecimentos prévios e os que estão sendo estudados. O aprendiz filtra e transforma a nova informação, infere hipóteses e toma decisões. O aprendiz é participante ativo no processo de aquisição de conhecimento.
- **Teoria da Inclusão (D. Ausubel):** o fator mais importante de aprendizagem é o que o aluno já sabe. Para ocorrer a aprendizagem, conceitos relevantes e inclusivos devem estar claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes preexistentes.

Sistemas Tutores Inteligentes

Arquitetura Clássica dos STIs

A arquitetura clássica dos STIs é formada pelos seguintes módulos: modelo do especialista, modelo do estudante, modelo pedagógico e modelo da interface. Segue abaixo a descrição dos módulos e a figura 5 que apresenta a interação entre os módulos.

Modelo do Especialista (módulo do conhecimento): armazena o conhecimento a ser apresentado, ou seja, contem as informações de um determinado domínio que representa o conhecimento de um especialista. Este módulo é utilizado como um padrão para avaliar o desempenho do estudante e,

além disso, deve gerar soluções para o problema elaborado. Portanto, este módulo requer um conhecimento rico e estruturado [18].

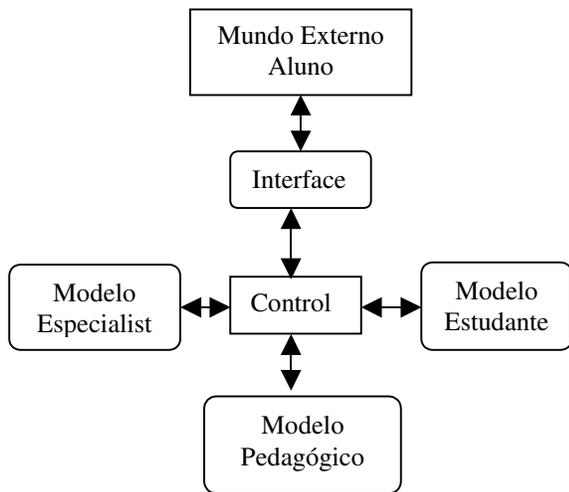


Figura 5 – Interação entre os módulos de um STI [17]

Modelo do Estudante: este módulo deve conter o conhecimento e as capacidades do conhecimento do estudante, ou seja, o comportamento de aprendizado do aluno. Estas informações são fundamentais para o tutor decidir qual posição tomar durante o processo de ensino-aprendizagem. Mas a modelagem deste modelo não é uma tarefa fácil [18]: “A construção de um modelo parcial que forneça somente as informações necessárias, ainda hoje é um desafio para os sistemas computacionais”;

Modelo Pedagógico (módulo tutor): é o módulo responsável pela estrutura didático e pedagógica dos STIs, ou seja, este módulo contém o conhecimento necessário para tomar decisões sobre qual ou quais táticas de ensino deverão ser utilizadas para o ensino do conteúdo trabalhado no STI. Este módulo requer uma atenção especial em sua modelagem [18]: “Um processo de aprendizagem depende de uma grande variedade de fatores e o sistema tutorial deve cuidar para não destruir a motivação pessoal do estudante ou o seu senso de descobrimento. Este processo pedagógico requer grande versatilidade e criatividade na modelagem do sistema tutor”.

Modelo de Interface: este módulo é a comunicação entre o sistema e o estudante. A interface deve ser inteligente e capaz de adaptar-se as diferentes necessidades de cada usuário, aprender novos

conceitos e técnicas, tomar iniciativas, fazer sugestões e dar explicações. É importante salientar que: “Um Sistema Tutor Inteligente deve apresentar o seu conhecimento de maneira compreensiva. O uso de apresentações gráficas, especialmente animações poderão contribuir para melhorar o processo de ensino e aprendizagem no aluno” [18].

Limitações da Arquitetura Clássica dos Sistemas Tutores Inteligentes (STIs)

Nos estudos atuais sobre STIs a principal questão em discussão é: como tornar os STIs capazes de se adaptarem às características de cada usuário (aluno), afim de executar um processo de ensino-aprendizagem individualizado e com mais eficiência.

Para tanto, a arquitetura clássica dos STIs precisa evoluir para poder alcançar este objetivo, pois esta arquitetura apresenta algumas limitações:

- não permite a descentralização das atividades e a especialização dos módulos;
- não gera múltiplas representações do conhecimento;
- não modela múltiplas estratégias do aluno, seja de análise do comportamento, ou a representação do conhecimento do aluno;
- não permite a aprendizagem colaborativa, ou seja, não permite que o usuário (aluno) aprenda através de discussões com outros alunos, com opiniões e níveis de conhecimento diferentes;
- incapacidade de modificar as suas representações, seus exemplos e seus conteúdos de acordo com as respostas dos alunos;
- não detecta o estado motivacional e afetivo do aluno.

Discussões sobre os STIs

Os STIs devem ter a capacidade de aprendizagem, característica necessária para a inteligência. Segundo Jonassen [19] um STI deve passar por três testes para ser considerado “inteligente”:

- o conteúdo do tema ou especialidade deve ser codificada de modo que o sistema possa acessar as informações, fazer inferências ou resolver problemas;
- o sistema deve ser capaz de avaliar a aquisição deste conhecimento pelo estudante;

- as estratégias tutoriais devem ser projetadas para reduzir a discrepância entre o conhecimento do especialista e o conhecimento do estudante.

Mas, atualmente, um STI é considerado realmente um sistema inteligente se este é capaz de identificar as necessidades, motivações, desejos e características do usuário afim de executar um processo de ensino-aprendizado personalizado.

Diversas áreas do conhecimento estão sendo aplicadas na modelagem dos STIs (nos módulos do estudante, conhecimento, tutor e interface) e estão contribuindo para a sua evolução, como é o caso das ciências cognitivas.

Um avanço na performance dos STIs vem sendo alcançado com a combinação das técnicas de AM com a tecnologia de agentes. Isto está ocorrendo porque através da tecnologia de agentes é possível modelar diferentes agentes para cada módulo. No caso do módulo do conhecimento é possível gerar múltiplas representações do conhecimento (diferentes técnicas de AM) associadas a diversas formas de exploração do mesmo, onde cada agente é responsável por um tipo de representação. No módulo do estudante é possível modelar múltiplas estratégias do aluno utilizando vários agentes, cada qual responsável por uma atividade, seja de análise do comportamento do aluno ou, a representação do conhecimento do aluno. Estas melhorias refletem no módulo tutor, porque além de ser possível o tutor selecionar múltiplas estratégias de ensino, as mesmas podem ser modeladas por vários agentes, descentralizando as informações do tutor.

Com a busca incessante por STIs que sejam capazes de adaptar-se as características dos usuários (alunos), vem sendo abordado e proposto pelos estudiosos [20] a possibilidade de inserir afetividade na máquina.

Esta questão foi levantada porque no ensino-aprendizagem além de ser importante identificar o processo de aprendizagem do aluno também é importante os fatores motivacionais e afetivos desse aluno, pois a partir desta informação é possível saber como o aluno conhece sobre o domínio e qual a sua intensidade em desenvolver mais o seu aprendizado. Neste caso os STIs precisam estender o seu conhecimento e procedimentos com relação a detecção do estado motivacional e afetivo do aluno.

Mas as máquinas só podem operar baseando-se em regras e operações explícitas. A interação natural entre humanos (professor-aluno) envolve afetividade, o que já não se processa da mesma forma na interação entre máquina-humano (computador-aluno). Como os computadores ainda

não são capazes de relacionar-se afetivamente com os seres humanos, resta aos usuários, na maioria das vezes, se adaptar a máquina em vez dela adaptar-se ao indivíduo.

Os STI estão procurando esta adaptação e utilizam todas as técnicas de IA disponíveis para isto. Um exemplo deste fato é a aplicação das arquiteturas BDI para a modelagem de agentes cognitivos, visando a implementação de estados mentais.

Muitos trabalhos [4] [21] [22] já propuseram soluções para o STIs utilizando a arquitetura BDI para a implementação dos estados mentais afetivos. Um exemplo disto é a tese de doutorado da Giraffa. Neste trabalho a autora propôs uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais.

Para a modelagem do STI foi proposto a aplicação da tecnologia de agentes, utilizando a arquitetura SMA (Sistemas Multiagentes). O STI foi concebido por um SMA híbrido composto por duas partes: o ambiente reativo – Sistema Multiagente Reativo (SMAR) e o “kernel cognitivo”. As principais contribuições do trabalho da Giraffa [4] são:

- a interação entre o ambiente reativo e o “kernel cognitivo” amplia as informações quantitativas e qualitativas oferecidas aos alunos que utilizam o sistema;
- a arquitetura proposta pelo tutor permite a monitoração de dois alunos trabalhando conjuntamente, o que torna-se possível a aprendizagem colaborativa;
- a arquitetura proposta permite selecionar o comportamento do tutor para oferecer auxílio personalizado aos alunos considerando o perfil de cada um.

A idéia de inserir os conceitos e características emocionais na modelagem dos STIs não é torná-los mais inteligentes ou humanizá-los, mas sim fazer proveito das funcionalidades que as emoções podem trazer. No caso dos STIs é torná-los capazes de se adequar ao usuário evitando que o mesmo tenha que se adaptar a ele.

Um outro aspecto discutido pelos estudiosos é a aprendizagem colaborativa. Este paradigma visa a aprendizagem do aluno através de discussões com outros alunos com opiniões e níveis de conhecimento diferentes.

Quando objetiva-se desenvolver um sistema de computador com esta filosofia de aprendizado é necessário ampliar a arquitetura clássica dos STIs. Uma solução é a aplicação das tecnologias utilizadas nos sistemas colaborativos que procuram implementar um ambiente de cooperação que

possui um papel ativo na análise e controle deste mesmo ambiente, permitindo assim as trocas de experiências e conhecimentos entre os usuários (alunos).

Um último aspecto, mas não menos importante, é o pedagógico.

As pesquisas de STIs começaram a se direcionar para este aspecto na década de 80. Isto começou devido ao fato dos STIs não serem capazes de modificar as suas apresentações, seus exemplos e seus conteúdos de acordo com as respostas dos usuários (alunos). Este fato impossibilitava o aluno de atingir os seus objetivos pois, por muitas vezes, o mesmo precisa se adaptar a um paradigma de aprendizagem que não correspondia ao seu.

Atualmente os estudiosos estão procurando aplicar as teorias de aprendizagem nos STIs [1] [23] com o intuito de melhorar o seu desempenho. Propostas de combinar técnicas de aprendizagens diferentes estão sendo apresentadas com o objetivo de aproveitar os aspectos positivos de cada teoria e, com isso, acelerar o processo de aprendizagem [1]. Além disso, com a tecnologia de agentes é possível implementar um conjunto de agentes no módulo tutor, cada um com uma habilidade de aprendizagem, ou seja, um paradigma de aprendizagem diferente.

Mas, muito ainda há por fazer com relação a esse assunto. O desenvolvimento de STIs fundamentados em teorias pedagógicas ainda é um desafio devido as limitações de software e hardware e a necessidade de avanços em subáreas das ciências cognitivas, como por exemplo, a inteligência artificial e a psicologia.

Apesar de todos os estudos que estão sendo realizados, ainda existe preocupação por parte dos estudiosos com relação a modelagem dos STIs. Por exemplo, como representar as teorias de aprendizagem e inserir os conceitos emocionais nos softwares educacionais. Por esse motivo, o módulo do estudante ainda é o maior desafio na modelagem dos Sistemas Tutores Inteligentes

Conclusão

Com os avanços da informática tanto em hardware como em software, tornou-se possível o seu uso além do restrito mundo das indústrias e universidades. As tecnologias da informação foram tomando campo e invadiram os comércios, hospitais, aeroportos, bancos, escolas, as casas das pessoas, entre outros setores.

A área da educação é um setor que está, atualmente, explorando com mais intensidade as tecnologias da informação. Isto está ocorrendo devido as mudanças de paradigmas de

aprendizagem que as tecnologias da informação estão inserindo na sociedade. Exemplos disto são a educação à distância e a aprendizagem colaborativa. A primeira permite a aprendizagem à distância, o que exige dos alunos mais disciplina, devido a ausência física da figura do professor, mas ao mesmo tempo oferece mais autonomia. Enquanto a segunda permite aos alunos discutirem em conjunto problemas propostos pelos softwares educacionais e, através das discussões, construir seus conhecimentos e soluções de forma colaborativa.

Mas, para suprir as novas características das tecnologias direcionadas à educação, foi e está sendo necessário uma evolução nestes sistemas.

Portanto, os estudos voltados aos softwares educacionais começaram a se preocupar em propor novas arquiteturas para esses softwares, de tal forma que permitissem ao aluno ter um papel mais ativo e crítico na interação com o sistema, ou seja, no processo de ensino-aprendizagem. Neste caso o aluno não precisa se adaptar ao sistema mas sim, o sistema se adapta a ele.

Para alcançar esta característica muitas áreas do conhecimento estão sendo utilizadas e discutidas para o desenvolvimento de STIs, como exemplo, as ciências cognitivas (filosofia, psicologia, lingüística, antropologia, neurociência e inteligência artificial). Além disso, diversas áreas da IA, que é uma subárea das ciências cognitivas, também estão sendo exploradas para o desenvolvimento de softwares educacionais como: aprendizado de máquina, tecnologia de agentes e arquitetura BDI (*Belief, Desire and Intention*).

A qualidade e a performance dos STIs já obtiveram muitos avanços, mas ainda é necessário muitos estudos e novas propostas para alcançarmos um STI verdadeiramente inteligente, capaz de adaptar-se ao usuário(aluno) e oferecer a ele o recurso pedagógico que se adapte as suas características, crenças e desejos. Para tanto é necessário uma evolução não somente na área tecnológica, mas também na pedagogia e na psicologia cognitiva.

Agradecimentos

Faço um agradecimento especial à Prof. Deborah Ribeiro Carvalho, da Universidade Tuiuti do Paraná, pelo seu incentivo ao trabalho, pelas suas dicas de referências, por compartilhar os seus conhecimentos e principalmente pela sua amizade.

Referências

1. Pianesso, A. C. F., Castanho, C. L. O., Schreider, J.: *Design de Sistemas Tutores*

- Inteligentes*. Disponível em: <http://wwwedit.info.ufsc.br:1998/aluno2000/artigo.doc>. Acessado em: 17/11/2003.
2. Chaiben, H. : *Inteligência Artificial na Educação*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://www.cce.ufpr.br/hamilton/iaed/iaed.htm>. Acessado em: 17/11/2003.
 3. Rickel, J.W.: *Intelligent Computer Aided Instruction – A Survey Organized Around System Components*. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics vol.19, n.1, pp. 40-57.
 4. Giraffa, L. M. M.: *Uma Arquitetura de Tutor Utilizando Estados Mentais*. Porto Alegre: CPGCC – UFRGS, 1999. Tese de Doutorado
 5. Vaz, F. F., Raposo, R.: *Introdução a Ciência Cognitiva*. Disponível em: <http://www.nce.ufrj.br/ginape/publicacoes/trabalhos/RenatoMaterial/index.htm>. Acessado em: 17/11/2003.
 6. Bizzotto, C. E. N.: *O Aprendiz - Ambiente Extensível para o Aprendizado Distribuído*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Tese de Doutorado.
 7. Figueiredo, J.: *Inteligência Artificial*. Jornal Viva. Ed. 6, 1999. Disponível em: http://www.jornalviva.com.br/edicoes/99/09/mat_02_cie.htm. Acessado em: 16/11/2003.
 8. Monard, M. C., Batista, G. E. A. P. A., Kawamoto, S., Pugliesi, J. B.: *Uma Introdução ao Aprendizado Simbólico de Máquina por Exemplos*. Universidade de São Paulo, outubro, 1997. Disponível em: <http://labc.icmcs.sc.usp.br/didatico/PostScript/M.L.html>. Acessado em: 17/11/2003.
 9. Ferreira, L. F., Bercht, M.: *Agentes Pedagógicos como Apoio à Avaliação de Competência Técnica em Educação e Prática Médica em Ambientes de Realidade Virtual*. XI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió, Brasil 2000.
 10. Hermans, B.: *Intelligent Software Agents on the Internet – An Inventory Offered Functionality of (near) Future Developments*. Disponível em: http://www.firstmonday.dk/issues/issue2_3/ch_1_23/index.html. Acessado em: 17/11/2003.
 11. Vavasori, F. B., Gauthier, F. A.: *Proposta de Ferramenta e Agentes Inteligentes para um Ambiente de Ensino/Aprendizagem na Web*. IX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Fortaleza, Brasil 1998.
 12. Jacques, P. A., Oliveira, F. M.: *Agentes de Softwares para Análise das Interações em um Ambiente de Ensino a Distância*. IX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Fortaleza, Brasil 1998.
 13. Wooldridge, M., Jennings, N.: *Intelligent Agents: Theory and Practice*. Disponível em: <http://www.doc.mmu.ac.uk/STAFF/mike/ker95/ker95-html.html>. Acessado em: 17/11/2003.
 14. Bordini, R. H., Vieira, R., Moreira, A. F. : *Fundamentos de Sistemas Multiagentes*. Disponível em: <http://www.inf.unioest.br/~cbrizzi/FSMA-bordini.pdf>. Acessado em: 17/11/2003.
 15. Abreu, B. L., Silva, C. R., Souza, F. F.: *SEI – Sistema de Ensino Inteligente*. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2002e1/cientificos/SEI-Sistema deEnsinoInteligente.pdf>. Acessado em: 17/11/2003.
 16. Martimiano, L. A. F.: *Fundamentos de Sistemas de Informação*. Departamento de Ciências de Computação e Estatística. Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: cweb.icmc.usp.br/cweb/upload/36/Aula07.ppt. Acessado em: 16/11/2003.
 17. Carbonell, J. R.: *AI in CAI – Na Artificial Intelligence Approach to Computer Assisted Instruction*. IEEE Transactions on Man Machine Systems, v.11, n.4, pp. 190-202, 1970.
 18. <http://lci.upf.tche.br/~roberto/st.ppt>. Acessado em: 17/11/2003.
 19. Jonassen, D. H., Wang, S.: *The Physics Tutor – Integrating Hypertext and Expert Systems*. Journal of Educational Technology Systems, vol.22(1), pp.19-28, 1993.
 20. Bercht, M., Viccari, R. M.: *Afetividade em Máquina : uma possibilidade? Non-sense completo? Pós-Modernidade na Inteligência Artificial*. Workshop Informática na Educação, Painele Afetividade. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

21. Bica, F.: *Eletrotutor III - Uma Abordagem Multiagente para o Ensino à Distância*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. Dissertação de Mestrado.
22. Jung, J. L.: *Uma Visão Categorial dos Estados Mentais em Sistemas Multiagentes*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. Disponível em: http://www.inf.ufrgs.br/~jjung/ti_jjung.pdf. Acessado em: 17/11/2003.
23. Arroyo, I., Beck, J. E., Schultz K., Woolf, B. P.: *Piagetian Psychology in Intelligent Tutoring Systems*. University of Massachusetts, Amherst. Disponível em: http://ckc.cs.umass.edu/ckc/publications/piagetian_psychology_in_intelligent_tutoring_systems.pdf. Acessado em: 17/11/2003.