

APLICAÇÕES DE SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: POSSIBILIDADES E LIMITES

TCC5056

15/02/2006

Ana Paula Costa e Silva

Universidade Católica de Brasília - asilva@ucb.br

Categoria: C - Métodos e Tecnologias

Setor Educacional: 5 - Educação Continuada em Geral

Natureza do Trabalho: A - Relatório de Pesquisa

Resumo

Este artigo apresenta uma abordagem sobre os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) na perspectiva de serem utilizados como ferramenta de apoio aos tutores e aos alunos em cursos a distância pela Internet. Os STI, principalmente aqueles com arquitetura baseada em agentes, comportam possibilidades nos processos de acompanhamento de alunos e de gerenciamento de cursos a distância, por propiciarem a criação de ambientes de aprendizagem adaptativos e mais interativos, que podem contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos. Algumas destas possibilidades serão descritas no artigo, assim como limites a serem superados a partir de avanços em pesquisas na área de Inteligência Artificial aplicada à Educação. Com o intuito de desenvolver uma contextualização sobre Sistemas Tutores Inteligentes, são descritos aspectos relacionados ao surgimento e à evolução desta especificidade de sistema, além de definições e tipos de arquitetura.

Palavras-chave

Educação a Distância, Sistemas Tutores Inteligentes, Agentes Artificiais.

1. Introdução

A Educação a Distância (EAD) é uma modalidade de educação que vem assumindo, de forma progressiva, uma posição de destaque no cenário educacional. O seu alcance e suas possibilidades de aplicação têm sido ampliados de forma significativa pela integração das tecnologias da informação e da comunicação.

O avanço da ciência cognitiva, apontando para sistemas educacionais mais centrados na aprendizagem que no ensino, tem influenciado os novos modelos de Educação a Distância. Os processos de ensino e aprendizagem

devem, cada vez mais, privilegiar a formação do aprendiz autônomo, com ênfase no aprender a aprender e em ações tais como pensar, comunicar-se, criar, inovar, pesquisar, elaborar sínteses, atuar em equipe, entre outras. A Educação a Distância, principalmente por sua capacidade de integrar tecnologias, aplica-se bem a esta concepção de educação (SILVEIRA, 2001). Os modelos de Educação a Distância têm evoluído no sentido de ofertar ao aluno condições para que exercite a sua autonomia de aprendizagem, a capacidade de selecionar informações e transformá-las em conhecimento, bem como a capacidade de solucionar problemas relacionados ao seu contexto social, cultural e, sobretudo, profissional.

Segundo Mason (1998), existem poucas dúvidas de que a Internet é a ferramenta educacional mais poderosa surgida nos últimos tempos. A utilização da Internet com fins educacionais, além de propiciar o crescimento da EAD no âmbito acadêmico e corporativo, tem impulsionado pesquisas na área da Ciência da Computação, principalmente associadas à tecnologia de agentes artificiais aplicada a Sistemas Tutores Inteligentes. Estas pesquisas concentram-se em buscar alternativas para a criação de ambientes de ensino-aprendizagem inteligentes, mais interativos e adaptativos ao perfil do aluno, uma vez que a Educação a Distância caracteriza-se por um público heterogêneo (PETERS, 2001).

Os Sistemas Tutores Inteligentes, por meio da tecnologia de agentes, viabilizam a construção de ambientes de aprendizagem dinâmicos e adaptativos, tornando-os mais propícios ao desenvolvimento da autonomia do educando, principalmente por privilegiarem um modelo de ensino centrado no aluno, no qual este tem uma participação mais ativa no processo de aprendizagem.

Os Sistemas Tutores Inteligentes podem aumentar o nível de interação do aluno em cursos a distância, à medida que implementam estratégias para supervisionar as suas ações e propor alternativas dinamicamente, de acordo com os princípios e a proposta pedagógica do curso em questão, em uma atuação que não sobrepõe a atuação do tutor, mas que visa apenas agregar valor e qualidade às interações em um ambiente virtual de aprendizagem.

2. Breve Histórico

A utilização dos computadores com fins educacionais teve início com os sistemas CAI (*Computer Aided Instruction*), fundamentados na teoria comportamentalista e caracterizados pela instrução programada. Essa categoria de sistemas implementava ações idênticas para todos os alunos, visto que não apresentavam capacidade de adaptação ao perfil do aluno.

No início da década de 70, Carbonell (1970), com base em suas pesquisas, constatou que os sistemas CAI caracterizavam-se por uma estrutura seqüencial de transmissão de conhecimento, com ações previamente determinadas e, por conseqüência, não tinham a capacidade de se adaptarem às reais necessidades e estilo individual dos alunos. Esse autor destacou-se por ser o primeiro a apresentar a idéia dos sistemas educacionais adaptativos, ao propor “um sistema que incorporava técnicas de IA a fim de tentar criar um ambiente que levasse em consideração os diversos estilos cognitivos de cada

aluno que utilizasse o programa” (GIRAFFA, 1998). Os sistemas com essas características foram denominados, por Carbonell, Sistemas Tutores Inteligentes (STI).

Os sistemas CAI diferenciam-se dos STI sobretudo na forma de concepção do projeto. Enquanto os CAI induzem o aluno a uma resposta correta a partir de estímulos planejados, os STI pretendem simular algumas das capacidades cognitivas do aluno e utilizar esses resultados como base para as decisões pedagógicas a serem tomadas (GIRAFFA & VICCARI, 2001). O objetivo fundamental dos STI é proporcionar um ambiente de ensino-aprendizagem que se adapta ao aluno, superando a principal limitação dos CAI. Por incorporarem técnicas inteligentes que empregam a metáfora de reproduzir as habilidades que professores utilizam para ensinar, os STI buscam um sistema de ensino mais eficaz, partindo do diagnóstico cognitivo do aluno.

A evolução dos STI é marcada por três estágios. O primeiro estágio compreende o período de 1970 até o início dos anos 80, e tinha como objetivo principal explorar métodos e técnicas de IA emergentes aplicadas ao aprendizado e à instrução (COSTA & WERNECK, 1996). O segundo estágio marcou a segunda metade da década de 80, e se caracterizou pela concentração de pesquisas sobre os aspectos pedagógicos dos STI. Finalmente, no terceiro estágio, a partir da década de 90, passaram a ser explorados ambientes pedagógicos específicos, com equipes interdisciplinares envolvidas em processos de concepção, desenvolvimento e validação dos STI.

3. Definições

Para Sleeman (1982), os STI são “programas de computador que utilizam técnicas da IA para representar o conhecimento e levar a termo uma interação com o aluno”. De acordo com Giraffa (1998), o STI é um “sistema que incorpora técnicas de Inteligência Artificial a fim de tentar criar um ambiente que leve em consideração os diversos estilos cognitivos dos alunos”. Viccari (1990) apresenta uma definição mais detalhada ao considerar os STI como “Programas que, interagindo com o aluno, modificam suas bases de conhecimento (aprendem), percebem as intervenções do aluno, e possuem a capacidade de adaptar as estratégias de ensino de acordo com o desenrolar do diálogo.”.

A definição de Viccari evidencia que uma das principais funções de um STI se refere à composição de interações educacionais de forma dinâmica.

Os STI's têm um grande potencial como recurso educacional, pois comportam a capacidade de se adaptar às particularidades de cada aluno (TEDESCO & SOUZA, 1997), o que aumenta de forma considerável a capacidade de comunicação entre o aluno e o sistema, fundamental para assegurar a qualidade do processo de ensino-aprendizagem.

No entanto, para ser eficaz, como recurso educacional, é necessário que um STI incorpore a capacidade de capturar ao máximo as ações e as necessidades particulares dos alunos, bem como as diferenças individuais de conhecimento, habilidades, comportamento e preferências, de forma a criar uma interação mais consistente e significativa para o aluno. Em síntese, um

STI deve subsidiar a atuação do aluno em um ambiente de aprendizagem, com o intuito de criar um espaço favorável à aprendizagem, otimizando o processo.

O desenvolvimento de um STI requer um esforço concentrado e uma diversidade de conhecimentos e técnicas. Em geral, envolve uma equipe multidisciplinar, composta por profissionais da Informática, Pedagogia, Comunicação, Psicologia e outras áreas, visto que a IA é uma área tipicamente interdisciplinar (GIRAFFA & VICCARI, 2001).

Segundo Jonassen (1993), para ser considerado “inteligente”, um STI deve obedecer a três critérios principais: o conteúdo do tema ou especialidade deve ser codificado 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 aluno; as estratégias tutoriais devem ser projetadas para reduzir a discrepância entre o conhecimento do especialista e o conhecimento do aluno.

Neste sentido, para ser inteligente, um STI precisa ser flexível, ter a capacidade de aprender com o ambiente e atualizar o seu conhecimento. Além de transmitir conhecimento específico, deve inferir sobre como gerenciar o processo de ensino-aprendizagem durante a interação com o aluno. Por propiciarem um maior nível de interação entre este e o sistema, os STI têm se mostrado eficientes para a melhoria do desempenho e da motivação dos alunos (THIRY, 2001).

4. Arquitetura dos Sistemas Tutores Inteligentes

Durante muitos anos, os projetos de STI estavam fundamentados unicamente na arquitetura tradicional, composta por módulos inter-relacionados. No entanto, a evolução da arquitetura tradicional apontou para a utilização de arquiteturas baseadas em agentes, que ampliam as possibilidades de representação do conhecimento e de interação do sistema com o aluno.

A arquitetura tradicional dos STI é formada por quatro componentes funcionais, a saber: Modelo do Domínio, Modelo do Aluno, Modelo Pedagógico e Modelo de Interface (SELF, 1988; VICCARI, 1990; OLIVEIRA, 1994), que são descritos a seguir e apresentados na Figura 1.

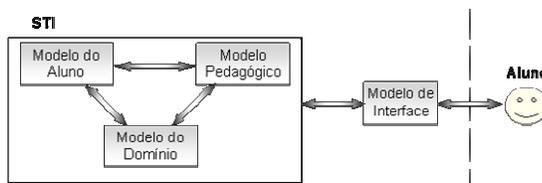


Figura 1 - Arquitetura Tradicional de um Sistema Tutor Inteligente

A arquitetura tradicional implica uma abordagem sistêmica. Durante uma sessão educacional, o sistema supervisiona o desempenho do aluno e procura diagnosticar o conhecimento que este detém. Muitas vezes, o processo de diagnóstico é realizado pela comparação do estado do conhecimento atual do aluno com o conhecimento contido no Modelo do Domínio. Os resultados dessa comparação são enviados para o Modelo Pedagógico, a partir do qual são tomadas as decisões sobre quando, como e qual informação deve ser

transmitida através da interface do sistema com o educando. O ideal é que o STI lhe forneça *feedback* quantitativo e qualitativo. Em caso de dúvida, o aluno deve ter a possibilidade de solicitar informações adicionais, que possam esclarecer o relacionamento entre os conceitos do domínio em questão.

O Modelo do Aluno representa o conhecimento e o perfil do aluno em um dado momento (OLIVEIRA, 1994). As ações do aluno são utilizadas como fonte de informação para a sua modelagem. A função deste modelo é procurar manter um diagnóstico durante uma sessão de ensino, da forma mais precisa possível, por meio de uma quantidade adequada de informações, levantadas a partir da interação do aluno com o sistema (SILVEIRA, 2001). Este modelo propicia a individualização das respostas do sistema ao aluno. A partir dele e do conteúdo representado no Modelo do Domínio, o sistema deve ser capaz de inferir a melhor estratégia de ensino a ser adotada para cada aluno.

O Modelo de Interface representa um canal de ligação entre o aluno e os componentes do STI. Este modelo proporciona uma comunicação bidirecional entre o STI e o aluno e traduz a representação interna do sistema para uma linguagem de interface que seja o mais compreensível possível e amigável para o aluno. Segundo Shneidermann (1992), uma interface intuitiva ajuda a reduzir a carga cognitiva sobre o aluno.

O Modelo Pedagógico representa o conhecimento necessário para o STI tomar decisões sobre as estratégias de ensino a serem adotadas, selecionar e apresentar conteúdos apropriados, no momento mais adequado, propor atividades ou avaliações, com o objetivo de auxiliar o aluno. Por estar relacionado a decisões subjetivas e cognitivamente complexas, esse modelo é de difícil implementação computacional. As decisões e ações desse modelo dependem dos resultados do processo de diagnóstico. Em geral, as decisões estão relacionadas a quais informações apresentar ao aluno, quando e como.

O Modelo do Domínio representa o conhecimento sobre o domínio, é constituído pelo material instrucional (GIRAFFA & VICCARI, 2001). Em geral, é desenvolvido pelo projetista e o especialista, reunindo assim um profissional com domínio do conteúdo e outro com competência didática.

Já, a Arquitetura baseada em agentes substitui os módulos da arquitetura tradicional por uma sociedade de agentes que trabalha de forma cooperativa, compondo um Sistema Multiagentes (SMA), uma sociedade. Os agentes artificiais são “entidades de software que realizam algum conjunto de operações em benefício do usuário ou de outro programa, utilizando certo grau de independência ou de autonomia; e ao fazê-lo, emprega algum conhecimento ou representação dos objetivos ou preferências do usuário.” (FLEISCHHAUER, 1996). Os agentes artificiais de um STI interagem entre si e estabelecem relações de cooperação com o objetivo de promover a aprendizagem do aluno.

5. Possibilidades

Os STI apresentam especificidades que podem contribuir para o processo de ensino-aprendizagem, a saber:

- Consideram o aprender como um processo individualizado, pois

levam em consideração que o conhecimento prévio do aluno e o seu estilo de aprendizagem influenciam na construção de novos conhecimentos.

- Buscam implementar estratégias pedagógicas necessárias para prover suporte a alunos em diferentes fases da aprendizagem.
- Consideram que a instrução deve estar disponível de acordo com a demanda, possibilitando ao aluno aprender quando necessitar, ou estiver interessado.

As possibilidades de aplicação dos STI na EAD vão de ações operacionais simples até a adoção de estratégias pedagógicas, previamente definidas e desenhadas de acordo com a concepção do curso e o modelo de EAD adotado. Diversas são as possibilidades de aplicação dos STI na EAD. A seguir, são apresentadas algumas delas:

- um STI pode incorporar recursos para identificar os tópicos visitados com maior frequência pelo aluno, com o objetivo de propor materiais complementares sobre o tema, enviando ao tutor um e-mail automático com tal solicitação e disponibilizando ao aluno materiais didáticos armazenados em uma base de dados previamente organizada, por meio de um serviço de busca;
- em um modelo baseado em teorias comportamentalistas, um STI pode elaborar e propor avaliações aleatórias, com base no Modelo do Aluno, por meio da seleção de questões objetivas armazenadas em um banco de dados, com o objetivo de verificar o desempenho do aluno em determinados tópicos do conteúdo e, se necessário, indicar conteúdos que devem ser revisados, aprofundados etc;
- um STI pode também incorporar agentes de frequência, que possam monitorar os acessos dos alunos em cursos a distância e então emitir sons ou exibir mensagens de orientação e/ou alerta, ou até mesmo imagens que representem o nível de satisfação do tutor com a frequência do aluno no curso. Gauthier & Vavassori (1998), por exemplo, propõem um modelo que incorpora um agente de frequência representado ícones, que pode assumir diferentes expressões faciais. Segundo os autores, o agente de frequência passa para o aluno a impressão de que está sob a supervisão constante do tutor, o que pode propiciar maior segurança ao aluno e melhorar a sua assiduidade.
- os STI também podem incluir a tecnologia de agentes para análise de discussões síncronas e assíncronas realizadas em ambiente virtual. Jaques et al. (2000) propõem a arquitetura de um agente para realizar a análise quantitativa e qualitativa das trocas colaborativas que ocorrem entre alunos e tutores durante uma interação síncrona, com vistas a auxiliar o tutor em sua atuação como mediador, sobretudo em situações que envolvem um grande número de participantes e participações intensas.

- um STI pode incluir agentes que realizem o levantamento do perfil do aluno (conhecimentos prévios, preferências, interesses, necessidades de formação etc), com base no qual possa negociar com ele uma estrutura de curso (grade de conteúdos) personalizada. Esta possibilidade estaria relacionada à oferta de cursos a distância personalizados, como forma de procurar atender à diversidade de interesses dos alunos. A organização de um curso com base nas necessidades individuais do sujeito aprendiz pode significar um avanço, pois não partiria do pressuposto de que todos os que o irão cursar possuem o mesmo nível de conhecimento, a mesma motivação e necessidades. Isto vai ao encontro da necessidade de, cada vez mais, os modelos de Educação a Distância levarem e em consideração formas e estratégias para lidar com a diversidade do público. Silva (2003) propõe um modelo de negociação (NEAD) entre um aluno e agentes artificiais no contexto da Educação a Distância.

Os exemplos descritos representam ações significativas no sentido de buscar alternativas não só para auxiliar o tutor em sua atuação em cursos a distância, mas também para tornar mais dinâmicos e interativos os ambientes de ensino-aprendizagem a distância e favorecer a aprendizagem do aluno.

No que se refere à interação com o aluno, um tutor artificial pode ser útil no acompanhamento contínuo do mesmo, transmitindo-lhe a segurança de que está sob uma assistência permanente, e no processo de comunicação com o aluno, reduzindo o seu nível de ansiedade por estar distante do tutor e evitando que se sinta abandonado ou desmotivado. No entanto, cabe destacar que estas e outras possibilidades de aplicação de agentes artificiais no âmbito da Educação a Distância encontram-se em fase inicial, havendo ainda aspectos a serem aperfeiçoados e soluções a serem encontradas.

6. Limites

Os Sistemas Tutores Inteligentes representam uma poderosa ferramenta para ambientes de aprendizagem. No entanto, mesmo com as pesquisas que vêm sendo realizadas nesta área, ainda existem limitações a serem superadas e aspectos a serem melhor esclarecidos.

Alguns dos problemas associados aos STI se referem ao alto custo financeiro e ao elevado tempo de desenvolvimento (HALL, 1990; BECK et al., 1998). Na tentativa de reduzir custos, têm sido empregados conceitos da Engenharia de Software, como reutilização e modularidade, cujo foco consiste em desenvolver STI de forma incremental, permitindo uma evolução contínua e baseada em uma metodologia própria.

No tocante à interface dos STI, muitas das limitações estão associadas à falta de capacidade do hardware e do software em tratar aspectos relativos aos múltiplos sentidos do aluno, como olfato, tato e visão.

A manipulação do conhecimento do domínio, do conhecimento pedagógico e do conhecimento do aluno é um processo complexo e um dos maiores desafios na etapa de concepção, sobretudo por envolver questões

didático-pedagógicas. No que se refere ao conhecimento do aluno, os STI apresentam limitações para representar com precisão o perfil e os estágios de aprendizagem do aluno, para analisar com exatidão o raciocínio do aluno e para identificar a origem de possíveis conflitos entre este e o sistema (HALL, 1990).

Quanto ao conhecimento pedagógico, muitos STI implementam uma única estratégia pedagógica, o que se deve ao fato de as pesquisas nessa área terem se concentrado nos problemas de representação do conhecimento e diagnósticos, e não nos processos pedagógicos envolvidos no ato de ensinar. (GIRAFFA & VICCARI, 2001).

Ao longo da evolução dos STI, percebe-se uma dificuldade na criação de Modelos do Aluno de forma ideal ou completa, o que constitui uma grande desvantagem em comparação com o tutor humano, que possui capacidade de observação sensitiva, faz inferências sobre o comportamento do aluno e suas características, utilizando esses resultados para fazer o ajuste em suas estratégias de ensino (GIRAFFA & VICCARI, 2001). Segundo Asanome (1991), a dificuldade na construção desse modelo está na falta de conhecimentos necessários para se construir o modelo do processo de aprendizagem do aluno. Além disso, os canais de comunicação em um computador mostram-se restritos, se comparados com as possibilidades de comunicação entre um professor e um aluno. Por mais robusto e bem elaborado que seja o Modelo do Aluno, a adaptabilidade de um STI apresenta limitações, visto ser impossível prever toda a gama de comportamento do aluno.

Ainda no âmbito da representação do conhecimento, destaca-se a limitação dos STI quanto à percepção e análise da motivação e do estado emocional do estudante, por serem aspectos imprevisíveis. Os STI evoluíram na representação de aspectos mensuráveis e previsíveis, como é o caso da capacidade cognitiva do aluno, mas não na representação de estados emocionais, como bem afirma Oliveira (1994):

Quando o ensino é realizado por professores humanos ou STIs, os fatores psicológicos dos estudantes desempenham papéis predominantes no desempenho do processo de ensino. Porque a motivação ou o estado emocional do estudante são usualmente imprevisíveis, enquanto as capacidades intelectuais são mais mensuráveis e previsíveis, nós adiamos nossa preocupação com os primeiros dois fatores (motivação e estado emocional). Em vez disso, nós nos concentramos na predição das diferenças individuais das capacidades intelectuais (cognitivas), possibilitando sobre estas bases a adaptabilidade dos STIs aos vários estudantes.

Na década de 90, as emoções começaram a possuir uma representação computacional, a qual passou a ser aplicada aos sistemas de ensino somente no final dessa década (GIRAFFA & VICCARI, 2001). Inserem-se nesse contexto os Sistemas Afetivos, baseados em agentes afetivos, que possuem capacidade de percepção de aspectos como expressão facial, batimentos cardíacos, esforço, persistência e confiança. Nesta especificidade de sistema, o problema central está na obtenção de características observáveis que possam ser detectadas ou extraídas pelo sistema e que sejam identificadoras de emoções.

7. Considerações Finais

Para um melhor aproveitamento de seu potencial, as aplicações de STI não devem visar à substituição do tutor humano por um tutor artificial, visto que as ações de ambos podem ocorrer no sentido de se complementarem. O STI deve ser adotado como uma ferramenta de apoio ao tutor e aos alunos, visto que determinadas atividades de acompanhamento dos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem e de construção do conhecimento só podem ser realizadas pelo tutor humano em interação com os estudantes.

Pesquisas buscam a maior aproximação entre as capacidades de um STI e de um tutor humano, que observa e leva em consideração aspectos emocionais e multisensoriais para planejar a sua atuação junto ao aluno e selecionar estratégias de ensino.

As emoções no contexto da IA têm sido estudadas por grupos de pesquisa tal como o grupo de Rosa Viccari, no âmbito dos Programas de pós-graduação em Informática na Educação e em Ciência da Computação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Referências Bibliográficas

ASANOME, C. **Sistemas Tutoriais Inteligentes**: um estudo. Rio de Janeiro. Monografia final do curso (Especialização em Engenharia de Software), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1991.

BECK, J.; STERN, M.; HAUGSJAA, E. Applications of AI in Education. **The ACM's First Electronic Publication**, 1998.

CARBONELL, J. R. AI in CAI: an artificial intelligence approach to computer assisted instruction. **IEEE Transactions on Man Machine Systems**, [s.l.], v.11, n.4, 1970.

COSTA, R. M. E. M.; WERNECK, V. M. B. **Tutores Inteligentes**. Rio de Janeiro: COPPE /UFRJ, 1996.

FLEISCHHAUER, L. I. A. **O uso da tecnologia de agentes na Programação da Produção**. Florianópolis. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

GAUTHIER, F. A. O.; VAVASSORI, F. B. Proposta de Ferramentas e Agentes Inteligentes para um Ambiente de Ensino-Aprendizagem na Web. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE 98). **Anais...** Fortaleza, Ceará, 11, 1998.

GIRAFFA, L. M. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. Porto Alegre. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

GIRAFFA, L. M. M.; VICCARI, R. M. **Fundamentos dos Sistemas Tutores Inteligentes**. Porto Alegre, 2001.

HALL, P.; WOOD, P. Intelligent Tutoring Systems: a review for beginners. **Canadian Journal of Educational Communication**, Canadá, vol. 19, n. 2, 1990.

JAQUES, P.; MORAES, M.; MORA, M. C. Uma Arquitetura de Agente para a Análise Qualitativa da Interação em Ambientes de Educação a Distância. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. **Anais...** Maceió, 11, 2000.

JONASSEN, D. H. The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems, **Journal of Educational Technology Systems**, [s.l.], vol. 22, n. 1, 1993.

MASON, R. **Globalising education: trends and applications**. London: Routledge, 1998.

OLIVEIRA, F. M. **Critérios de equilíbrio para sistemas tutores inteligentes**. Porto Alegre. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

PETERS, O. **Didática do Ensino a Distância: experiências e estágio da discussão numa visão internacional**. São Leopoldo: Unisinos, 2001.

SELF, J. **Artificial Intelligence and human learning**. London: Chapman Hall, 1988.

SHNEIDERMAN, B. **Designing the user interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction**, 2 ed., Addison: Wesley Publishing Company, 1992.

SILVA, A. P. C. **Modelo de Negociação no Contexto da Educação a Distância**. Brasília. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Gestão do Conhecimento e da Tecnologia da Informação, Universidade Católica de Brasília, 2003.

SILVEIRA, R. A. **Modelagem orientada a agentes aplicada a ambientes inteligentes distribuídos de ensino**. Porto Alegre. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

SLEEMAN, D. Assessing aspects of competence in basic algebra. In: SLEEMAN, D.; BROWN, J.S. (eds.) **Intelligent Tutoring Systems**. New York: Academic Press, 1982.

TEDESCO, P. C. A. R.; SOUZA, F. F. Building a Java-Based Intelligent Tutoring System for Introductory Computing. In: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SOFT COMPUTING (ASC'97). **Anais...**, [s.l.], 1997.

THIRY, M. C. C. **Uma Arquitetura Baseada em Agentes para Suporte ao Ensino à Distância**. Florianópolis. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

VICCARI, R. M. **Um Tutor Inteligente para a programação em Lógica - Idealização, Projeto e Desenvolvimento**. Coimbra. Tese de Doutorado, Universidade de Coimbra, 1990.