

---

# Agente para auxílio a avaliação de aprendizagem em ambientes de ensino na Web

Daniela Leal Musa, Francine Bica,  
José Palazzo M. de Oliveira, Rosa M. Vicari

{musa, francine, palazzo, rosa}@inf.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Informática  
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale - Bloco IV  
Bairro Agronomia - Porto Alegre - RS -Brasil  
CEP 91501-970 Caixa Postal: 15064

## Resumo

O presente trabalho propõe um agente para auxílio ao processo de avaliação dos alunos em ambientes de Ensino a Distância na Web, que detecta problemas nas atividades dos alunos e realiza ações corretivas adequadas. Este agente está integrado ao ambiente Tapejara do Instituto de Informática da UFRGS – Sistemas Inteligentes de Ensino na Web - que consiste em um sistema de construção e acompanhamento de cursos disponibilizados via Internet.

**Palavras-Chaves:** Inteligência Artificial Aplicada à Educação, Educação a distância, Agentes, Monitoração de atividades na Web.

## 1. Introdução

Nessa última década, o aumento da capacidade de processamento dos computadores pessoais, a tecnologia das redes e a capacidade de colocar à disposição a um número cada vez maior de pessoas todos estes instrumentos da computação originaram o interesse em uma área que vem sendo pesquisada há mais de um século [VAL 2000] a área de Educação a Distância (EAD). A Educação a Distância permite que professor e aluno, apesar de fisicamente separados, possam interagir com o auxílio de algum tipo de tecnologia. A *World Wide Web* se apresenta como uma tecnologia capaz de atender as expectativas dos pesquisadores da área de ensino/aprendizagem a distância, proporcionando soluções para o problema de educação e treinamento em larga escala, a custos mais acessíveis do que os tradicionais, permitindo a publicação de material didático, aplicação de tutoriais, aplicação de provas e testes, comunicação com os estudantes e apresentação de aulas a distância.

Diferentes pesquisas [GIR 98] [VIC 98] [NAK 97] apontam para o uso de recursos propiciados pela Inteligência Artificial (IA), a fim de prover os sistemas computacionais de ensino, capacidade de adaptação ao contexto e de personalização do ambiente de acordo com as características dos alunos, além de permitir um alto grau de interatividade entre o ambiente e os usuários e um controle de sessões de ensino em ambiente multi-usuários. A introdução das técnicas de IA nestes ambientes tem a finalidade de propiciar mecanismos de modelagem do processo de ensino, assim como do estado cognitivo do estudante [MAS 96].

Os avanços mais recentes no campo dos ambientes de aprendizagem inteligentes, têm proposto o uso de arquiteturas baseadas em sociedade de agentes [COS 97] [MAS 96] [PER 99] [SIL 2000]. Os sistemas multiagentes têm mostrado um potencial bastante adequado no desenvolvimento de sistemas de ensino, devido ao fato da natureza do problema de ensino-aprendizagem ser mais facilmente resolvido de forma cooperativa. Além disso, ambientes de ensino baseados em arquiteturas multiagentes possibilitam suportar o desenvolvimento de sistemas de forma mais robusta, mais rápida e com menores custos, tornando-os mais atrativos, do ponto de vista de seu aproveitamento real.

O projeto Tapejara – Sistemas Inteligentes de Ensino na Internet – [TAP 99], desenvolvido dentro do Programa ProTeM-CC do CNPq, é executado em parceria entre pesquisadores da área de Sistemas de Informação e Inteligência Artificial do Instituto de Informática da Ufrgs, Faculdade de Psicologia da Unisinos e por profissionais da área de capacitação de recursos humanos da CRT Brasil Telecom, os quais visam desenvolver cursos de treinamento a serem ministrados, remotamente, à seus funcionários em diferentes cidades e em diferentes períodos. A proposta, acadêmica, deste projeto consiste em projetar e implementar um sistema de construção e acompanhamento de cursos a serem disponibilizado na rede Internet, permitindo ensino à distância de forma assíncrona. Esta metodologia

destaca o uso de técnicas pedagógicas que levem em conta aspectos cognitivos de aprendizagem, bem como a arquitetura multiagente para construção de sistemas tutores inteligentes.

O objetivo deste artigo é descrever o Agente Notificador, que é um dos agentes que compõem a sociedade projetada. Este agente monitora o aluno na tentativa de descobrir e tratar comportamentos fora do previsto, para assegurar que o aluno aproveite o curso satisfatoriamente. Inicialmente, na seção 2, é apresentada a sociedade de agentes projetada. Na seção 3 o Agente Notificador é especificado, assim como a forma como ele interage com os demais agentes que compõem a sociedade. Finalmente na seção 4 são descritas as contribuições deste trabalho e os resultados esperados.

## 2. Sistema Multiagente no Projeto Tapejara

A razão fundamental para se introduzir o conceito de agentes em sistemas de ensino e aprendizagem por computador relaciona-se com as capacidades destes modelos: autonomia, comunicação e possibilidade de distribuição do "peso" computacional necessário para termos sistemas tutores inteligentes eficazes.

Aceita-se o conceito apresentado por BRADSHAW [BRA 97] que descreve um agente como uma entidade de software que funciona de forma contínua e autônoma em um ambiente em particular, geralmente habitado por outros agentes, e que seja capaz de intervir no seu ambiente, de forma flexível e inteligente, sem requerer intervenção ou orientação humana constantes. De um modo ideal, um agente que funcione continuamente por longos períodos de tempo, deve ser capaz de aprender com a experiência e, se ele habita um ambiente com outros agentes, seja capaz de comunicar-se e cooperar com eles.

A sociedade de agentes do Projeto Tapejara propõe agentes autônomos que possam se comunicar. As principais tarefas dos agentes são: analisar o comportamento do aluno a partir de um arquivo de registro de atividades, onde são registrados todas as suas interações com o ambiente de ensino, realizar o diagnóstico cognitivo do aluno, selecionar uma estratégia de ensino, realizar ajustes na estratégia selecionada e alertar alunos ou os desenvolvedores do curso prováveis problemas na interação do aluno com o ambiente. As funcionalidades mencionadas acima são divididas entre os agentes de acordo com a arquitetura mostrada na Figura 1.

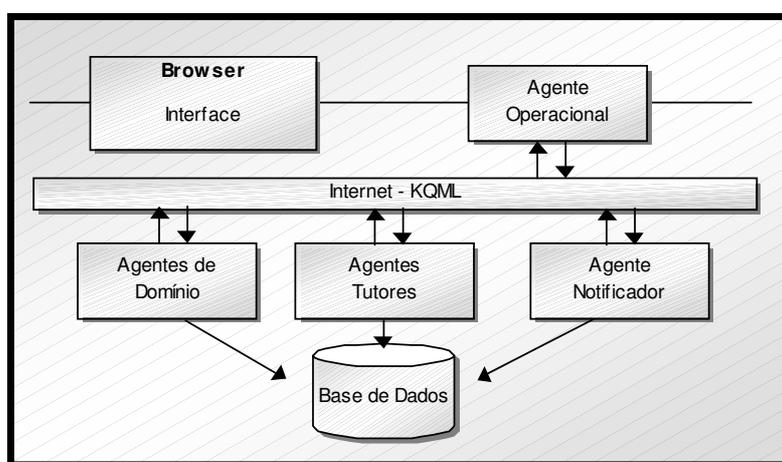


Figura 1 - Arquitetura Multiagente do Projeto Tapejara

O ambiente contempla uma sociedade de agentes comprometidos com o aprendizado cooperativo, envolvendo os seguintes tipos de agentes:

- **Agente Operacional:** o agente operacional possui como características a reatividade, habilidade social, autonomia e continuidade temporal. Sua principal função é repassar as mensagens de requisições do aluno aos demais agentes e gravar as requisições deste no LOG;
- **Agente Domínio:** responsável por recuperar o material instrucional e enviá-lo ao aluno que o requisitou. Como características básicas, este agente é colaborador, orientado por objetivo e possui continuidade temporal. Além disso, este agente será responsável por avaliar as respostas nos exercícios e revisões avaliativas;
- **Agente Tutor:** este agente é o responsável por recuperar a trajetória do aluno (no registro de atividades) e a partir desta, gerar um plano de ensino individualizado. Este agente é

---

responsável, por selecionar automaticamente estratégias de ensino adaptadas às características individuais do aluno, segundo um modelo de aluno pré-definido. Como características básicas, este agente é colaborador, adaptável e possui continuidade temporal.

- • **Agente Notificador:** este agente é capaz de auxiliar os demais agentes, assim como os professores ou coordenadores do curso na descoberta de comportamentos fora do previsto. Com ele, o processo de avaliação do aluno será realizado a todo momento, auxiliando ao aluno a aproveitar o curso satisfatoriamente. Espera-se que esta atividade evite numerosos abandonos ou fracassos.

A comunicação entre os agentes é realizada através de mensagens KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) [FIN 96] buscando, assim, construir uma arquitetura de agentes robusta e padronizada, que permita a reutilização de códigos para os diferentes tipos de agentes.

### 3. O Agente Notificador

Na maioria dos ambientes ou cursos a distância disponíveis na *Web*, um dos problemas detectados é a falta de mecanismos que possibilitem o professor realizar um acompanhamento completo e abrangente das atividades dos alunos, diagnosticando o seu nível de conhecimento bem como seu ritmo de aprendizagem.

Normalmente, este processo de avaliação dos alunos na *Web* é realizado apenas através de informações referentes a testes, exercícios ou relatórios extensos que apresentam um histórico dos acessos feitos às páginas do curso [ROD 98].

A partir da constatação da necessidade de implantar uma metodologia de avaliação mais próxima do aluno, ou seja, que o acompanhe mais de perto no seu dia-a-dia e que consiga captar o seu real estado de aprendizagem foi desenvolvido o Agente Notificador. Com isso, o aluno pode ser avaliado de diversas formas, desde as tradicionais provas dissertativas ou testes até avaliações que registrem os procedimentos e estratégias registradas na solução de problemas. O Agente Notificador, pode amenizar esta limitação da educação a distância, ajudando o professor a ter um acompanhamento mais completo das atividades dos alunos. Além disto, o próprio aluno pode receber alguns estímulos, ajuda, avisos, gerados pelo Agente, o que auxilia-o muito em suas sessões de auto-estudo.

O Agente Notificador está baseado no conceito de Sistema de alertas inteligentes. Segundo LEAO [LEA 98], um sistema de alertas inteligentes monitora um banco de dados e informa para alguns usuários ou para um programa quando uma determinada condição ocorre, oferecendo recursos para tomada de decisões. Um sistema de alertas inteligentes possui duas partes distintas: uma base de dados e uma base de conhecimento. A base de dados corresponde ao Sistema de Banco de Dados, onde são armazenadas as informações contidas em um sistema gerencial comum, tais como dados dos acessos às páginas do curso pelos alunos. A base de conhecimento representa as situações de exceção que devem ser detectadas e geralmente são representadas através de regras no formato IF-THEN.

Um sistema de alertas inteligentes é tipicamente um sistema ativo. Isto significa que o sistema deve reagir quando alguma situação especial ocorre e gerar avisos (*warnings*) que podem ser úteis no processo decisório [LEA 98]. O usuário que especifica as condições que devem ser monitoradas e as ações que devem ser realizadas na ocorrência destas condições. Alertas também podem ser enviados se um determinado evento não ocorrer.

O Agente Operacional monitora os processos de interação dos alunos com o ambiente do curso e gera um histórico da navegação que reflete o seu processo de aprendizagem no curso. Através de uma análise neste histórico, o Agente Notificador pode detectar situações anormais no decorrer do curso e avisar ao agente Tutor e/ou ao professor responsável pelo curso, os problemas que estão ocorrendo com alguns alunos. Com isso, é possível revelar quando um aluno realiza uma parada significativa em alguma parte do curso, o que pode significar o não entendimento ou aprofundamento do conteúdo abordado. Acelerações ou desacelerações bruscas na leitura, mudanças bruscas de nível e retorno ao mesmo tópico várias vezes são alguns exemplos de situações que necessitam ser investigadas.

A principal característica do Agente Notificador é a busca de situações críticas com base nas informações que possui a sua disposição. As informações utilizadas pelo Agente Notificador foram determinadas juntamente com o Grupo de Pesquisa em Processos Cognitivos da Unisinos, o qual definiu um conjunto de índices, chamados índices de aprendizagem, que indicam o processo de ensino-aprendizagem do estudante [TAP 2001]. Alguns destes índices são armazenados durante a interação do aluno no curso em um banco de dados, que contém as informações referentes aos acessos e às atividades dos alunos.

O Agente Notificador é composto pelos seguintes módulos: Editor de Alertas, Base de Conhecimento, Monitor de Eventos, Servidor de Alertas e Banco de Dados. A Figura 2 apresenta a arquitetura do Agente Notificador.

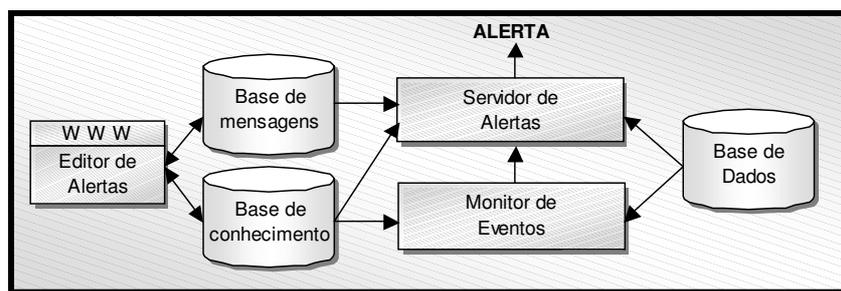


Figura 2 - Arquitetura do Agente Notificador

- **Editor de alertas:** módulo de construção e gerenciamento dos alertas. Através de uma página *Web*, permite ao usuário (professor, coordenador do curso, etc.) identificar os tipos de alertas desejados, especificar as condições que devem ser monitoradas e as ações que devem ser realizadas na ocorrência destas condições.
- **Base de conhecimento:** representa as situações de exceção que devem ser detectadas e geralmente são representadas através de regras. Uma regra é, simplesmente, um par condição-ação: dada a existência da condição expressa, faça a ação. As regras são expressas da seguinte forma: SE <condição> ENTÃO <ação>.
- **Monitor de eventos:** é o módulo que detecta a ocorrência de um evento de interesse e avisa o módulo Servidor de Alertas.
- **Servidor de alertas:** este módulo processa as regras associadas com os alertas, contidas na base de conhecimento, acessa a base de dados e, no momento que ocorre um evento crítico, emite o alerta correspondente, definido anteriormente através do editor de alertas.
- **Base de dados:** contém os dados sobre todas as atividades realizadas pelos alunos no curso. O processo de coleta de informações e armazenamento na base de dados é realizado pelo Agente Operacional.
- **Base de mensagens:** contém todas as mensagens que podem ser enviadas pelo Agente Notificador. As mensagens são definidas no Editor de alertas.

Após a definição, via Editor de alertas, dos alertas e mensagens a serem enviadas, o Agente Notificador, através do módulo Monitor de Eventos, monitora alterações na base de dados para detectar ocorrências de eventos importantes assim como recebe aviso de ocorrências de eventos pelos Agente Operacional. O Monitor de Eventos, através das informações obtidas da base de conhecimento, sabe quais os eventos que interessam. Quando um evento ocorre, o monitor de eventos informa o Servidor de Alertas. Este verifica se existe alguma regra/condição associada para este evento na base de conhecimento. Se encontrada, ele verifica e realiza a ação indicada. Esta ação pode ser uma mensagem apresentada no *browser* do aluno, *e-mail* ou mensagem para algum agente. A comunicação entre o Agente Notificador e os outros Agentes é realizada via KQML.

O Agente Notificador trabalha basicamente com o processo de troca de mensagens. As mensagens recebidas pelo agente informam quando um determinado evento ocorrer. As mensagens enviadas são os alertas propriamente ditos.

O Processo de Execução do Agente Notificador é apresentado na Figura 3.

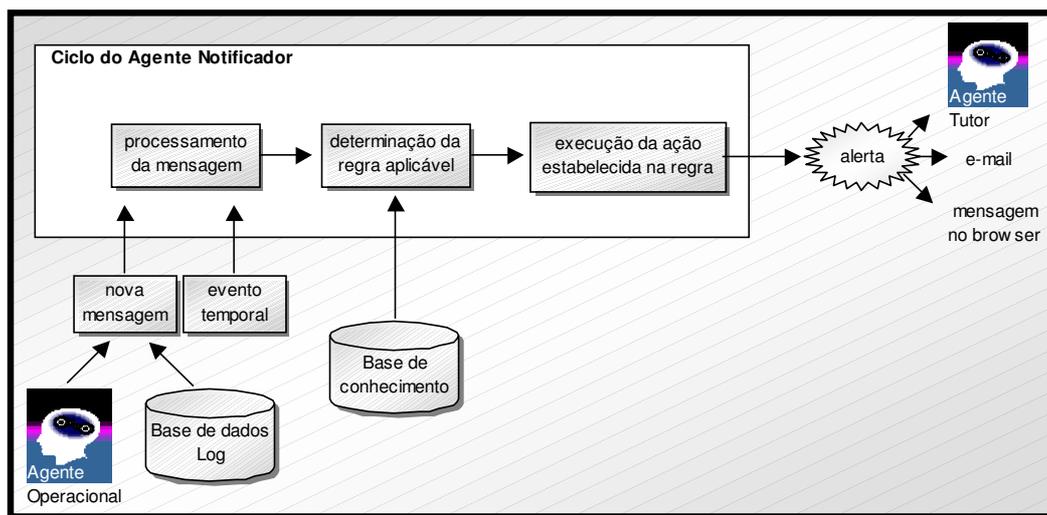


Figura 3 - Processo de Execução do Agente Notificador

Após o recebimento da mensagem de aviso do Agente Operacional, que informa a ocorrência de um evento de interesse, ou detecção de evento temporal, o Agente Notificador executa um conjunto de operações para emissão dos alertas. As operações, mostradas na Figura 3, estão descritas a seguir na seqüência em que são executadas.

- · processamento da mensagem recebida: neste momento, o Agente Notificador decompõe a mensagem KQML e reconhece qual a tarefa que esta propõe.
- · operação de acesso a base de conhecimento: a partir da análise da mensagem, o Agente Notificador consulta a base de conhecimento e determina qual regra é aplicável para a corrente situação;
- · execução da ação estabelecida na base de conhecimento: cada regra existente na base de conhecimento possui uma ação associada. É neste momento que tais ações são executadas pelo Agente Notificador.

Os eventos percebidos pelo Agente Notificador são ações realizadas pelos alunos e estão sendo controladas e armazenadas na base de dados pelo Agente Operacional. Os eventos são indicadores de situações anormais detectadas a partir do processo de monitoração. Os eventos detectados pelo Agente Notificador são de três tipos: mensagens, eventos temporais e mensagens/tempo.

- **Mensagens:** O Agente Notificador fica ocioso à espera de algum aviso do Agente Operacional que seja interessante monitorar. Este aviso pode ser uma mensagem que informa quando o aluno registra-se no sistema ou a percepção de transições de estado no banco de dados como a inclusão de um novo registro, ou a alteração de algum dado importante.
- **Eventos Temporais :** O Agente Notificador realiza consultas no banco de dados de acordo com as especificações de tempo registradas no Editor de Alertas. Se alguma condição de tempo for satisfeita, a regra associada é disparada e o alerta enviado.
- **Eventos Temporais associado com Mensagens:** Neste caso, após inclusão ou alteração em algum registro de interesse, o sistema é avisado pelo Agente Operacional e, antes de disparar a regra, verifica se a condição temporal também é satisfeita, determinando se a ação estipulada para esta regra pode ser disparada.

As mensagens de aviso recebidas pelo Agente Notificador são: usuário registra-se no sistema, aviso de saída de uma determinada página, término de módulo do curso, término de exercício, inserção da nota de avaliação.

As mensagens emitidas pelo Agente Notificador estão armazenadas em uma base de dados chamada base de mensagens. Elas podem ser de três tipos: mensagem na tela (sugestões, perguntas, incentivo, congratulações, avisos), e-mail (para professor ou autor/responsável pelo material didático) ou mensagem KQML para o Agente Tutor.

Os Agente Notificador juntamente com um mecanismo de monitoramento adequado (Agente Operacional), constituem uma forma simples e muito eficaz para aperfeiçoar o processo de avaliação em ambientes de ensino a distância na Web, já que informam aos professores, na hora que estão ocorrendo, os

---

problemas existentes, ajudando, também, os alunos no decorrer do curso.

## 4. Conclusão

Há a consciência de que é muito relevante analisar a forma pela qual os ambientes de ensino a distância na Web possam ser aperfeiçoados a fim de adequarem-se às necessidades existentes, assim como superarem as eventuais preocupações resultantes de uma inovação na área educacional. Tais preocupações, basicamente, giram em torno do processo de avaliação. No sistema de Educação a Distância, como se sabe, os mecanismos de avaliação informais são bem pouco utilizados (sendo que, algumas vezes, são inexistentes) e isso faz com que o professor tenha dificuldades em ajustar seus procedimentos de ensino de acordo com as reações dos estudantes.

Dessa forma, a utilização de um Agente Notificador é uma opção que se adequa ao objetivo de monitoramento contínuo e individualizado de cada aluno. Este sistema pode auxiliar o professor a realizar um acompanhamento mais próximo das atividades dos alunos, pois além de informar sobre o comportamento dos alunos, também identifica aqueles que necessitam de ajuda, os que estão mais adiantados, assim como uma série de outras informações de muita utilidade para a evolução do processo de aprendizagem. Esse sistema também ajuda o aluno, estimulando-o nas suas atividades e auxiliando-o na detecção de problemas. O coordenador do material instrucional também é beneficiado, pois recebe avisos sobre as páginas que não estão sendo acessadas, e outras informações.

Os conceitos aqui apresentados estão sendo avaliados em situações reais de execução de cursos a distância. Após o período de adaptação, outros cursos na Web poderão ser ministrados, a partir deste conhecimento. Espera-se com isto contribuir para que a Educação a Distância possa dar mais um passo para ser uma alternativa viável no processo educacional.

## 5. Bibliografia

- [BRA 97] BRADSHAW, J. M. An introduction to software agents. In: BRADSHAW, J. M. (Ed.). Software Agents. Massachusetts: MIT Press 1997.
- [COS 97] Costa, E.B; Perkusich, A. A Multi-Agent Interactive Learning Environment Model. AI-ED97 : Eighth World Conference on Artificial Intelligence in Education - Workshop V : Pedagogical Agents, 8., 1997. Proceedings... Kobe: Japan, 1997.
- [FIN 96] FININ, Tim. UMBC KQML Web. Lab for Advanced Information Technology. 1996. Disponível por WWW em <http://www.cs.umbc.edu/kqml>
- [FRA 97] Frasson, C.; Mengelle, T.; Aimeur, E. Using Pedagogical Agents in a Multi-Strategic Intelligent Tutoring System. AI-ED97: Eighth World Conference on Artificial Intelligence in Education - Workshop V: Pedagogical Agents, 8., 1997. Proceedings... Kobe: Japan, 1997.
- [GIR 98] GIRAFFA, Lucia Maria Martins. Seleção e adoção de estratégias de ensino em sistemas tutores inteligentes. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1998. Exame de Qualificação.
- [LEA 98] LEÃO, B. F. et al. Decision Support Systems for Healthcare: a Methodology Review. In: ANNUAL CONFERENCE ON ELECTRONIC PATIENT RECORDS, 14., 1998, San Antonio, Texas. Anais... Texas: [s.n.], 1998.
- [MAS 96] MATHOFF, J. & Van Hoe, R.. APEALL: A Multi-agent approach to interactive learning environments. In: Perran, J & Müller J.(eds.) Distributed software agents and applications. European Workshop on Modeling Autonomous Agents MAAMAW'94, 6., 1994. Proceedings... Berlin: Springer-Verlag, 1996.
- [NAK 97] Nakabayashi ET al.. Architecture of an Intelligent Tutoring System on the WWW. AI-ED97: Eighth World Conference on Artificial Intelligence in, 8., 1997. Proceedings... Kobe: Japan, 1997.
- [ROD 98] RODRIGUES, R. S. Modelo de Avaliação para cursos no ensino a distância. Florianópolis: Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, 1998. Dissertação de Mestrado.
- [SIL 2000] SILVEIRA, Ricardo A. Modelagem Orientada a Agentes Aplicada a Ambientes Inteligentes Distribuídos de Ensino. Porto Alegre: PPGC UFRGS, 2000. Tese de Doutorado.
- [TAP 2001] Relatório Técnico – Determinação de índices e Indicadores das trajetórias de aprendizagem de sujeitos submetidos ao ensino tutorializado assíncrono pela internet.
- [TAP 99] Tapejara. Descrição do projeto disponível em <http://www.inf.ufrgs.br/~tapejara>. 1999.
- [VAL 2000] Capítulo do livro ead.br: Educação a distância no Brasil na era da Internet. Carmem Maia

- 
- (org.) São Paulo: Anhembi Morumbi Editora, 2000, pp. 97-122.
- [VIC 98] Viccari, R.M. Artificial Intelligence and Educational Systems. Journal of School n. 2 of Olivais, vol. 1, 1988.
- [PER 99] PEREIRA, A.S. Um Agente para Seleção de Estratégias de Ensino em Ambientes Educacionais na Internet. Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 1999. Dissertação de Mestrado.