

Sistemas Multi-Agente e Instrução Baseada na Web

Leonardo Magela Cunha, Hugo Fuks e Carlos José Pereira de Lucena

Resumo — Este trabalho demonstra a utilização de sistemas multi-agente que apoiam o processo de aprendizagem em ambientes de ensino baseados na Web. São apresentadas: arquiteturas já em utilização em instrução baseada na Web (IBW) e propostas de utilização de agentes de software para fornecer apoio a teorias educacionais. A partir das experiências e possíveis utilizações demonstradas pela literatura são propostas algumas utilizações de um sistema multi-agente dentro do ambiente AulaNet. O AulaNet é um ambiente para a criação, participação e administração de cursos pela Web baseado em uma abordagem groupware desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Software da PUC-Rio.¹

Palavras-chave — Agente de Software, Educação a Distância, Instrução Baseada na Web.

I. INTRODUÇÃO

A proliferação de ambientes computacionais heterogêneos, o acesso a grandes quantidades de informação distribuídas pelas redes e a complexidade do mundo real está transformando rapidamente como as pessoas aprendem [1].

A tecnologia de agentes parece ser uma estratégia promissora para ser aplicada aos desafios atuais dos ambientes educacionais modernos que estão cada vez mais influenciados por tecnologias como Internet, Inteligência Artificial entre outras. Em especial a Inteligência Artificial está sempre provendo mecanismos para serem aplicados às áreas pedagógicas, como por exemplo, os sistemas especialistas de outrora e que ainda têm suas aplicações nos dias atuais. Com o surgimento da Inteligência Artificial Distribuída [2] vivenciou-se e vivencia-se um momento de fortalecimento dos conceitos de agentes de software e também percebe-se um redirecionamento destes conceitos para a Engenharia de [3].

Segundo [2] uma das razões para a utilização da Inteligência Artificial Distribuída é a capacidade que os sistemas multi-agente tem de exercer um papel fundamental na Ciência da Computação tanto no futuro quanto no presente. As plataformas computacionais e os ambientes de informação modernos são distribuídos, grandes, abertos e heterogêneos. Essas características se aplicam diretamente aos ambientes de instrução baseada na Web. Agentes de software podem influenciar diferentes campos em sistemas educacionais. Eles fornecem novos paradigmas educacionais, suportam teorias, e podem auxiliar tanto alunos quanto

professores na tarefa de aprendizado auxiliado por computador [4].

Neste trabalho, são apresentadas classificações de agentes da literatura a partir das quais são exemplificados alguns tipos de agentes e sua aplicação em Instrução Baseada na Web (IBW). Os três principais tipos discutidos neste artigo são os agentes colaborativos, os agentes de interface e os agentes para o gerenciamento de informações.

Dentre os agentes colaborativos destacam-se arquiteturas para o estabelecimento dinâmico de grupos de colaboração formados por estudantes que compartilham uma meta comum de aprendizagem; para o desenvolvimento de um conjunto de agentes que monitora e assiste aos estudantes em trabalhos em grupo; e para integração de um sistema tutor inteligente em uma rede de computadores com o objetivo de definir um ambiente cooperativo e inteligente de tutoria.

Também são apresentadas as possíveis utilizações de agentes de interface dentro de um ambiente de educação baseada na Web. Um exemplo é a redução da sobrecarga cognitiva que pode ser alcançada pela utilização de agentes para filtragem de mensagens. Já os agentes para o gerenciamento de informações podem possibilitar a utilização de conteúdos educacionais distribuídos, como aqueles propostos pelo Instructional Management Systems Global Consortium (IMS) [5], Aviation Industry Computer-Based Training Committee (AICC) [6] ou ainda pelo IEEE Learning Technology Standards Committee [7], entre outros.

Por fim, são apresentadas propostas para a utilização de sistemas multi-agente que deverão ser utilizados no ambiente AulaNet, que é um ambiente para a criação, participação e administração de cursos pela Web baseado em uma abordagem groupware desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Software da PUC-Rio desde 1997 [8].

II. AGENTES DE SOFTWARE

O conceito de agentes de software ainda não está consolidado. Em diferentes grupos de pesquisa, para se definir um agente, diferentes características podem se fazer necessárias. Isso leva a uma grande variedade de definições e características, o que foge do escopo deste trabalho. Uma visão geral sobre este assunto pode ser obtida em [9] e [10].

Assim como existem várias definições para agentes, também existem várias taxinomias. Segundo Nwana [11], existem sete categorias de agentes: colaborativos, de interface, móveis, de informação, reativos, híbridos e “inteligentes” (smart agents). Em [12], a apresentação de uma série de aplicações atuais utilizando agentes pode ser encarada como uma classificação dos tipos de agentes encontrados. Existem várias outras classificações, por exemplo em [9], novas categorias são apresentadas ou apenas reestruturadas baseando-se em [11]. A seguir, apresenta-se uma revisão das categorias encontradas em [11]

¹ Leonardo M. Cunha, leocunha@inf.puc-rio.br, Hugo Fuks, hugo@inf.puc-rio.br, Carlos J. P. Lucena, lucena@inf.puc-rio.br, Laboratório de Engenharia de Software - Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) - Marquês de São Vicente, 225 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil, Tel. +55-21-2274-2731.

O projeto AulaNet é parcialmente financiado pela Fundação Padre Leonel Franca, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia através de seu Programa de Núcleos de Excelência (PRONEX) bolsa nº 76.97.1029.00 (3366) e também através de bolsas individuais do CNPq e da CAPES.

e [12] através da identificação de (possíveis) implementações de agentes na área educacional, especificamente para instrução baseada na web.

II.1. Nwana

Segundo [11], um agente pode ser classificado em um ou mais dos seguintes tipos:

- Agentes inteligentes (smart agents): este tipo de agente não é definido pelo autor, pois segundo ele este tipo é mais o que os pesquisadores aspiram do que a realidade;
- Agentes de informação: são responsáveis pelo gerenciamento, manipulação e ordenação de informação de diferentes fontes. São caracterizados por aquilo que “fazem” e não por aquilo que “são”;
- Agentes móveis: são processos de software capazes de se locomover em uma rede de computadores. “Contudo, mobilidade não é uma condição necessária nem suficiente para caracterizar um agente.”;
- Agentes reativos: são os agentes capazes de reagir a estímulos do ambiente em que se encontram, mas não possuem modelos internos do mesmo. Um aspecto importante é que a partir de interações (respostas) simples, surgem padrões de comportamento complexos, quando analisamos o sistema de agentes reativos;
- Agentes híbridos: são aqueles constituídos através da combinação de duas ou mais “filosofias” de agente;
- Agentes de interface: colaboram com o usuário em um ambiente de trabalho, desempenhando o papel de assistentes pessoais;
- Agentes colaborativos: colaboram com outros agentes para realizar determinadas tarefas.

Apresentam-se nas próximas seções sistemas multi-agente que utilizam os conceitos de agentes colaborativos. Também é apresentada a possível utilização de alguns agentes de interface em ambientes de educação baseada na web. Estes agentes contribuiriam na solução de problemas específicos deste tipo de ambiente.

II.2. EXEMPLOS DE AGENTES COLABORATIVOS

Agentes colaborativos são capazes de cooperar com outros agentes para atingir uma meta comum (colaboração é um outro termo usado de forma sinônima com cooperação). Segundo [11], as principais características dos agentes colaborativos são autonomia, habilidade social, reatividade e proatividade.

Para a utilização de atividades colaborativas na educação, é necessário o uso de ferramentas de comunicação síncronas e assíncronas. Essas ferramentas apresentam a vantagem de possibilitar o acesso a experiência e a colaboração de outros, tanto na criação de um produto compartilhado, quanto na troca de informação.

De forma geral, um agente de colaboração pode auxiliar nas atividades tanto do aprendiz quanto do tutor. Ao comunicar-se e cooperar com seus pares (agentes artificiais ou humanos) por meio de monitorização e atuação de forma autônoma, os agentes podem ajudar a atingir objetivos ou cumprir tarefas para as quais os usuários foram designados.

A seguir, apresentam-se agentes colaborativos utilizados em educação baseada na Web. Destacam-se arquiteturas para o estabelecimento dinâmico de grupos de colaboração formados por estudantes que compartilham uma meta comum de aprendizagem (CALM); para o desenvolvimento de um conjunto de agentes que monitora e assiste aos estudantes em trabalhos em grupo (Guardian Agent); e para integração de um sistema tutor inteligente em uma rede de computadores com o objetivo de definir um ambiente cooperativo e inteligente de tutoria (MATHNET).

II.2.1. CALM

Em [13], apresenta-se o CALM, um “ambiente” para a criação dinâmica e gerenciamento de grupos de estudo formados por estudantes distribuídos que compartilham um material on-line.

No CALM, do ponto de vista tecnológico, colaboração entre usuários de um ambiente de aprendizado on-line depende de duas tarefas:

1. a definição e formação de grupo: os estudantes podem estabelecer um “perfil de colaboração” indicando as características do grupo no qual eles gostariam de participar;
2. estabelecimento (síncrono ou assíncrono) de sessões de comunicação.

No CALM, é definida uma arquitetura de agentes composta por um conjunto de agências que implementam o ambiente de aprendizado colaborativo. Uma agência tem a responsabilidade de obter as especificações das metas dos usuários e executar as ações necessárias para cumprir estas metas. Eventualmente a agência delega algumas tarefas a outros agentes que a ajudarão na execução de suas tarefas.

Na arquitetura de agentes proposta, cada usuário do ambiente de colaboração tem uma agência associada. A agência é responsável pelo recebimento de pedidos e pelo envio de respostas de e para seu dono. Os atores devem indicar algum tipo de meta para a agência. É decisão da agência criar um agente, mover este agente para outras máquinas da rede, e proporcionar aos agentes os recursos que precisam.

Uma Agência de Usuário está associada a um usuário no ambiente de aprendizado, seja este dono de grupo ou não. Esta agência é responsável por interagir com agentes de busca enviados pelas Agências de Grupo.

Ao analisar o CALM, percebe-se que ele apresenta uma arquitetura, baseada em agentes de software, que tem um critério de seleção baseado na especificação de perfis de usuários. Uma proposta encontrada no artigo pesquisado é, em uma segunda fase, disponibilizar funcionalidades para monitorar as atividades e a participação dos membros de um grupo.

II.2.2. GUARDIAN AGENT

Em [14], apresenta-se o desenvolvimento de um conjunto de agentes para monitorar e assistir aos estudantes que estão trabalhando em grupo em um ambiente distribuído. Os papéis

identificados para o Guardian Agent são apresentados na tabela I.

Uma cópia do Guardian Agent reside no computador de cada aprendiz. As ferramentas de suporte a colaboração propostas são baseadas na Web, o agente tem acesso as interações dos aprendizes com as ferramentas e entre os diferentes membros do grupo. Cada agente, que é inicialmente igual, “aprenderá” das interações de seu proprietário e poderá fornecer auxílio personalizado para o mesmo a partir da interação com outros agentes de estudantes ou com os tutores, por meio do whiteboard instalado no servidor.

TABELA I: PAPÉIS IDENTIFICADOS PARA O GUARDIAN AGENT EM CADA ESTÁGIO DE UM PROJETO EM GRUPO [14].

Estágio do projeto	Potenciais áreas onde o Guardian Agent pode ajudar
Planejando	Apresentações; Definição de regras; Produção de um plano de projeto.
Trabalhando no projeto	Verificação do tempo programado; Garantindo as contribuições de todos os membros; Identificação de falta de habilidade.
Completando	Combinação das partes individuais; Preparação de um informe; Avaliação da performance do grupo.

O sistema proposto apoia o trabalho em grupo em educação on-line fornecendo a cada estudante um agente que monitora o seu progresso, comparando com o plano do grupo, e tomando medidas quando necessário. As medidas tomadas têm como objetivo a manutenção da coesão e confiança do grupo em seus membros. Questões como a segurança e privacidade dos dados dos membros do grupo deveriam ser melhor exploradas.

II.2.3. MATHNET

O ambiente MATHNET apresenta a característica de integrar um sistema de tutor inteligente dentro de uma rede de computadores com o objetivo de definir um ambiente cooperativo [14 e 15].

Os estudantes são divididos em grupos distribuídos atuando como grupos separados. Cada grupo é composto de dois ou três estudantes interagindo entre eles em um terminal. O grupo de estudantes e o terminal dentro de um espaço físico constitui o que se denomina “área cooperativa”. O professor com seu terminal constitui uma área cooperativa específica. Define-se então uma sessão de aprendizagem como a interação de diferentes áreas cooperativas ligadas a uma rede. Os estudantes estão dentro de um grupo de trabalho em um mesmo terminal. Eles colaboram nos tópicos de um curso usando o computador como um tutor ativo e como uma ferramenta mediadora para interagir com o professor e outros grupos de estudantes.

Todo o sistema esta modelado como interações de agentes heterogêneos, isto é agentes humanos e artificiais:

1) Agentes artificiais:

a) Agente Tutor: o agente tutor tem o papel de apresentar o conhecimento para os estudantes nas diferentes áreas cooperativas. Ele é também o responsável por controlar a interação dos grupos de estudantes com o sistema durante o

progresso do curso. O tutor atua dependendo do comportamento do grupo. Ele interage com o Agente pedagógico para selecionar a estratégia de ensino cooperativa adequada para aplicar.

b) Agente Pedagógico: define e propõe as estratégias pedagógicas para aplicar.

c) Agente de Domínio: este agente artificial fornece ao agente tutor o conteúdo a ser apresentado ao agente estudante, bem como dicas, problemas, e/ou outros tópicos.

d) Agente de Modelagem de Aprendiz: este agente obtém, mantém e representa as informações acerca do estudante e do seu grupo dentro do sistema. Este agente mantém uma grande interação com o agente pedagógico.

2) Agentes Humanos:

Os agentes humanos podem ser vistos como os papéis desempenhados pelos usuários enquanto interagem com o sistema. Cada agente humano usa um sistema específico de interfaces, onde suas necessidades e direitos são considerados.

a) Agente Aprendiz: a principal função que o sistema fornece para o aprendiz é a possibilidade de perguntar por avisos, enviar mensagens a outros estudantes ou ao professor e algumas ferramentas úteis que o ajudam a acompanhar o curso.

b) Agente Professor: no MATHNET acredita-se que o papel do professor (humano) é primordial mesmo quando usando sistemas inteligentes como instrutores. Na aprendizagem cooperativa, o professor tem que preparar o grupo de estudantes para fazer cada atividade. Também é de sua responsabilidade observar o trabalho em cada estágio da sessão de aprendizagem e interagir com um grupo específico ou com todos. Essa interação pode ocorrer através do envio de mensagens pelo sistema ou diretamente quando possível.

c) Agente Projetista Instrucional (Knowledge Engineer): este agente faz manutenção, isto é, cria, exclui, ou modifica os agentes de domínio.

Uma contribuição interessante do trabalho do MATHNET é a sequência pedagógica que será apresentada na seção 3. Já um aspecto que poderia ser mais explorado é a formação dos grupos. Uma vez que o professor forma um grupo, nada garante que aquele grupo se manterá até o fim do curso, pois há problemas como ausência de um dos membros, ou mesmo questões mais subjetivas como diferenças ideológicas. Outro problema identificado nas publicações foi que o agente pedagógico ainda estava em fase de implementação.

II.3. POSSÍVEIS APLICAÇÕES DE AGENTES DE INTERFACE EM UM AMBIENTE DE EDUCAÇÃO BASEADA NA WEB

Agentes de interface são aqueles que enfatizam autonomia e aprendizagem [11]. Ainda segundo Nwana, no trabalho de [17], encontramos duas pré-condições para a utilização de agentes de interface, são elas: é necessária uma quantidade substancial de comportamento repetitivo quando se usa uma aplicação e esse comportamento repetitivo deve ser potencialmente diferente para diferentes usuários.

Em Educação, a adaptação às necessidades específicas dos estudantes pode trazer muitos benefícios para os mesmos como, por exemplo, aumento da auto-estima, da motivação, e

até mesmo dos resultados da aprendizagem. Especificamente em ambientes de educação distribuídos, a sobrecarga de comunicação [18] pode gerar problemas sérios para os estudantes, desestimulando-os ou até mesmo impossibilitando um melhor aproveitamento de cursos com alto nível de interação.

Nos dois casos apresentados, percebemos que agentes de interface poderiam ser utilizados tanto para alcançar uma maior personalização, quanto para solucionar problemas como o da sobrecarga de comunicação. Apresentamos a seguir algumas propostas de utilização de agentes de interface que não foram desenvolvidos com o propósito de aplicação em ambientes de educação baseada na web, mas que podem apoiar estudantes e/ou professores.

O Remembrance Agent descrito em [19], funciona acoplado a um editor de e-mail. Enquanto o usuário redige um e-mail, o agente executa uma busca por palavras-chaves e retorna os cinco e-mails mais relevantes em relação ao e-mail em redação. Em um curso a distância, como em um editor de e-mail, muitas vezes, se deseja referenciar uma mensagem enviada anteriormente, mas normalmente as mensagens ficam armazenadas apenas no ambiente. Esse tipo de auxílio pode ser implementado nos servidores do ambiente através de agentes possibilitando não somente a referência a mensagens, mas também a outros conteúdos educacionais presentes no curso. O NewT [17], que é um agente para filtragem e seleção de Usenet Netnews, pode auxiliar a diminuir a sobrecarga de comunicação. Por exemplo, se um aluno encontra-se matriculado em um curso em que se desenvolvem várias discussões em paralelo, ele poderia selecionar sobre quais tópicos ele deseja receber mensagens e informações.

A utilização de agentes de “matchmaking” como o descrito em [20] pode ajudar tanto professores a obterem modelos de seus alunos, quanto aos estudantes a se conhecerem melhor. A falta de contato físico entre os participantes de um curso a distância pode gerar inibição, por exemplo ao se criar um grupo. Essa inibição pode levar o estudante a não explicitar claramente o seu conhecimento sobre o assunto em questão prejudicando a formação dos grupos.

A utilização de agentes de interface precisa ser bem planejada, principalmente em ambientes para educação. Questões como a real necessidade deste tipo de agentes, privacidade do aprendiz, técnicas de aprendizagem utilizadas pelo agente, negociação e comunicação com outros agentes devem ser levadas em conta durante o desenvolvimento destas aplicações.

II.4. OBJECT MANAGEMENT GROUP – AGENT WORKING GROUP

Em [12] discute-se a tecnologia de agentes sob o ponto de vista de um grupo de trabalho da OMG (Object Management Group). Acredita-se que a apresentação de uma série de aplicações atuais utilizando agentes pode ser encarada como uma classificação dos tipos de agentes encontrados. Segundo o mesmo trabalho, as aplicações que utilizam agentes ainda são limitadas. E uma vez que os conceitos se tornem mais aceitos, a abordagem de agentes vai se tornar mais difundida

nas aplicações de tecnologia da informação. A seguir, apresentam-se alguns exemplos de tipos de aplicações possíveis:

- Aplicações empresariais (enterprise applications): documentos inteligentes que sabem quando devem ser processados, e gerenciamento dinâmico de pessoal e suas funções.
- Aplicações Business-to-business: criação de mercado para bens e serviços, e gerenciamento de equipes;
- Controle de processos: gerenciamento de fábricas (refinarias), e prédios inteligentes (aquecimento/resfriamento inteligente, segurança inteligente);
- Computação móvel;
- Agentes pessoais: filtros de e-mail, e gerenciamento de agendas pessoais;
- Tarefas de gerenciamento de informação: procura por informação, filtragem, monitorização de informação entre outros.

“Grupos de organizações acadêmica, comerciais, governamentais e consórcios industriais estão colaborando para definir meios de possibilitar a interoperabilidade entre produtos e conteúdos educacionais. Destes os projetos IMS, AICC e IEEE são os principais” [21]. Agentes que trabalham com busca e tratamento de informação são uma opção para a implementação de serviços apoiados pelos padrões de interoperabilidade de conteúdos educacionais. São exemplos de agentes nas tarefas de gerenciamento de informação:

- Agentes para procura por informação que saibam como localizar os dados, que saibam como obter acesso ou mesmo negociar os modos de acesso, e que tenham informações sobre a acurácia da fonte;
- Agentes para filtragem de informação que possuam modelos de seus usuários, propiciando uma busca mais efetiva e personalizada;
- Agentes mediadores que facilitem a negociação de diferentes agentes interessados em obter informações ou conteúdos educacionais (gathering information);
- Agentes capazes de monitorar dados em diferentes fontes de informação, sejam elas servidoras de conteúdos educacionais ou não, apoiando de alguma forma a mobilidade dos aprendizes, professores ou projetistas.

Com o crescimento da quantidade de dados disponível, a utilização de agentes para busca de informações já vem sendo considerada [22] e a sua aplicação em interoperabilidade de conteúdos educacionais pode alavancar a utilização destes padrões.

III. PROPOSTAS DE UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA MULTI-AGENTE EM IBW

Com base nas experiências e relatos descritos anteriormente, passa-se a propor algumas utilizações de sistemas multi-agente para aplicação no AulaNet.

O AulaNet se baseia nas relações de trabalho cooperativo que se manifestam nas interações dos aprendizes com seus instrutores, com outros aprendizes e com os conteúdos didáticos.

No AulaNet, é possível criar um curso e em um curso podem haver diferentes turmas com seus respectivos instrutores. Uma necessidade percebida com o tempo foi a formação de subgrupos dentro destas turmas, por exemplo, para resolver uma determinada tarefa, como escrever um artigo ou projetar um software. A realização de trabalhos em grupo permite que aos aprendizes aplicar o que aprenderam e também discutir o seu ponto de vista entre eles [14].

Para propor um sistema multi-agente que dê suporte à formação e ao trabalho destes subgrupos, é necessária a definição de uma seqüência pedagógica. Acreditamos que a associação dos papéis do Guardian Agent descritos na Tabela I com a seqüência pedagógica apresentada a seguir é capaz de cobrir diversos aspectos do trabalho em grupo. A seqüência pedagógica [16] que representa as atividades de aprendizagem cooperativo no MATHNET é composta de seis fases: preparação do grupo, apresentação do conhecimento, assimilação do conhecimento, aplicação do conhecimento, avaliação do grupo e avaliação individual.

No AulaNet, ao participar de um curso, aprendizes e professores tem a sua disposição um controle remoto, que funciona como uma interface de navegação de alto nível, fornecendo acesso a todos os serviços disponíveis em um curso. Uma forma de aumentar a percepção no ambiente foi a introdução de diferentes cores de botões neste controle remoto. Um botão de cor mais clara indica a existência de novos conteúdos educacionais ou mensagens no serviço correspondente. Um agente de interface pode cuidar desse mecanismo de percepção e até mesmo melhorá-lo, por exemplo, dando suporte a diferentes dispositivos de acesso como celulares e assistentes pessoais (PDAs). A utilização deste agente de interface também pode ajudar a otimizar a utilização do banco de dados. Atualmente todos os conteúdos e as informações referentes às visitas dos participantes são armazenadas no mesmo banco de dados. Caso tivéssemos um sistema multi-agente, este poderia utilizar uma base de dados independente para os usuários ou simplesmente para o mecanismo de percepção.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto neste trabalho, a área de Instrução Baseada na Web é um terreno fértil para a aplicação de sistemas multi-agente.

Pela literatura pesquisada, acredita-se que a utilização de agentes pode favorecer vários aspectos psico-pedagógicos em educação a distância. Ao fornecer apoio para a formação e o trabalho em grupo, os agentes de software estão também apoiando a aprendizagem por projetos e a aprendizagem cooperativa. Quando os grupos formados apresentam um alto nível de heterogeneidade, a atitude e prática interdisciplinares também podem ser beneficiadas.

Pensando nestes e em outros benefícios e sua interrelação com a proposta do ambiente AulaNet, foram apresentadas as propostas iniciais de utilização de sistemas multi-agente dentro do ambiente.

- [1] Wesley L P, Shim S S Y, Atreya S D, Booth R P. ROADS: An Environment for Developing Automated Intelligent Agents to Support Distance Learning. *Journal of Interactive Learning Research* 1999; 10(3/4): 321-333.
- [2] Weiss G, editor. *Multiagent Systems: modern approach to Distributed Artificial Intelligence*. Cambridge: MIT Press; 1999.
- [3] Jennings N and Wooldridge M. "Agent-Oriented Software Engineering". In: J. Bradshaw (ed.), *Handbook of Agent Technology*, AAAI/MIT Press, 2000.
- [4] Aroyo L and Kommers P. Intelligent Agents for Educational Computer-Aided Systems. *Journal of Interactive Learning Research* 1999; 10(3/4): 235-242.
- [5] Instructional Management Systems Global Consortium, Inc. Última modificação: 3 de julho de 2001 [capturado: 2001 Jul 03] Disponível em: <http://www.ims.org>
- [6] Aviation Industry Computer-Based Training Committees. Última atualização: 16 de junho de 2001. [capturado: 2001 Jul 03] Disponível em: <http://www.aicc.org>
- [7] IEEE – Learning technology Standards Committee. [capturado: 2001 Jul 03] Disponível em: <http://ltsc.ieee.org>
- [8] Lucena C J P, Fuks H, Miliú R, Laufer C, Blois M., Choren R, Torres V & Daflon L. AulaNet: Helping Teachers to Do Their Homework. *Multimedia Computer Techniques in Engineering Education Workshop*; Technische Universitat Graz, Graz, Austria, 1999.
- [9] Franklin S and Graesser A. Is it an agent, or just a program?: A taxonomy for autonomous agents. *ECAI'96 Workshop on Agents Theories, Architectures, and Languages: Intelligent Agents III*, 21-36. Berlin: Springer.
- [10] Wooldridge M and Jennings N. Intelligent agents: Theory and Practice. *The Knowledge Engineering Review* 1995; 10(2): 115-152.
- [11] Nwana H. Software Agents: An Overview. *Knowledge Engineering Review* 1996; 11(3): 1-40.
- [12] Agent Technology – Green Paper, Version 1.0, Object Management Group, 01/08/2000
- [13] Olguin C J M, Delgado A L N, Botero S W and Ricarte I L M. O Uso de Agentes em Ambientes de Aprendizagem Colaborativos. *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2000: 236-247.
- [14] Whatley J, Beer, M and Staniford G. Facilitation of Online Student Group Project with a Support Agent. *Anais do Workshop Agent-Supported Cooperative Work, Autonomous Agents 2001, Montreal – Canadá*, 2001: 19-23.
- [15] Labidi S, Silva J C, Coutinho L R, Costa N S and Costa E B. Agent Based Architecture for Cooperative Learning Environment. *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Maceió – AL, 2000: 32-39.
- [16] Coutinho L R, Labidi S, Serra G and Teixeira G. A Learner Modelling Agent for Cooperative Learning. *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Maceió – AL, 2000: 17-23.
- [17] Maes P. Agents that reduce Work and Information Overload. *Communications of the ACM* 1994; 37(7): 31-40.
- [18] Fussel S R, Kraut R E, Lerch F J, Scherlis W L, McNally M M, Cadizz J J. Coordination, Overload and Team Performance: Effects of Team Communication Strategies. *Proceedings of CSCW '98, The Association for Computer Machinery, Chapel Hill, USA, 1998*, 275-84.
- [19] Rhodes B J and Starner T. Remembrance Agent: A Continuously Automated Information Retrieval System. *Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM 96)*, London, 1996: 487-496.
- [20] Foner L. A Multi-Agent Referral System for MatchMaking. *Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM 96)*, London, 1996: 245-262.
- [21] Lucena C J P and Torres V. ContentNet: um Framework para Interoperabilidade de Conteúdos Educacionais utilizando o padrão IMS. *Revista Brasileira de Educação a Distância* 2000; 7(6): 37-52.
- [22] Klusch M (ed). *Intelligent information agents: agent based discovery and management on the Internet*. Springer-Verlag: 1999.