

# ORGANIZAÇÕES DE AGENTES NO APOIO AO ENSINO-APRENDIZAGEM DE COMPUTAÇÃO

Aleksandra do S. Silva<sup>1</sup>, Silvana Rossy de Brito<sup>2</sup>, Arturo Hernández Domínguez<sup>3</sup>, Eloi Luiz Favero<sup>4</sup>, Orivaldo de Lira Tavares<sup>5</sup> e Crediné Silva de Menezes<sup>6</sup>

**Resumo** — Este artigo apresenta dois ambientes de aprendizagem modelados com metodologias que adotam a visão de estrutura organizacional na forma de agentes: O TUTA, um sistema tutor inserido na Arquitetura de uma Classe Virtual Adaptativa (ACVA) para aprendizagem colaborativa de orientação a objetos e o MEDIADOR, um ambiente multiagente para apoio a aprendizagem orientada a projetos, com suporte inteligente à mediação, utilizado no contexto da disciplina de compiladores. Na metodologia utilizada, a idéia é comparar um sistema baseado em agentes a uma organização humana constituída de papéis como “aprendiz”, “professor” (ou “mediador”), “monitor” e assim por diante. A metodologia utilizada nos dois ambientes fornece uma notação que oferece suporte às características de continuidade temporal, autonomia, reatividade, flexibilidade e pró-atividade dos agentes modelados e implementados. As arquiteturas resultantes desses trabalhos são mostradas de acordo com as vantagens e desvantagens observadas.

**Palavras-chave** — TUTA, MEDIADOR, ambientes de aprendizagem, sistemas multiagentes, compiladores, orientação a objetos, metodologia orientada a agentes.

## I. INTRODUÇÃO

A ampla utilização das redes de computadores tem favorecido significativas mudanças nos mecanismos de apoio ao processo de ensino-aprendizagem.

No contexto da computação, o ensino precisa de inovações, porque envolve conhecimentos cuja aprendizagem requer grande esforço cognitivo para aprender assuntos como programação de computadores, utilização de softwares, bem como o manuseio de softwares específicos [9]. Elaborar soluções algorítmicas para problemas reais, utilizando um conjunto de comandos de uma linguagem exige do aluno diversos conhecimentos como capacidade de abstração e organização das idéias, conhecimentos e habilidades que caracterizam um programador como perito [10].

Segundo Rodrigues et al. [9], a prática de ensino de computação é afetada pela inexistência de literatura de referência sobre construção e utilização de metodologias e materiais didáticos para o ensino de computação, pela escassez de professores com capacitação específica para ensinar computação e pela ignorância sobre as potencialidades das tecnologias educacionais, especialmente da multimídia e dos softwares de autoria que são recursos indispensáveis ao processo ensino-aprendizagem [10]. O desafio tem sido, atualmente, a adoção de suportes computacionais que conduzam a um processo de construção do conhecimento ao mesmo tempo em que destacam a importância da aprendizagem colaborativa e cooperativa [16].

Nos últimos anos, é freqüente a utilização da tecnologia de agentes no projeto e construção de ambientes de aprendizagem informatizados, devido às potencialidades que incorporam em tais ambientes. A adequação do paradigma de agentes para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem pode ser demonstrada pelo poder de abstração desse paradigma para se construir aplicações complexas [14]. Esse paradigma permite a modelagem de entidades autônomas que, juntas, cooperam para atingir um objetivo comum [14]. Assim, ambientes de aprendizagem podem ser observados como organizações onde interagem agentes humanos e agentes artificiais [8].

Este artigo apresenta duas aplicações desenvolvidas para apoiar o processo de ensino-aprendizagem de computação, modeladas sob a forma de estruturas organizacionais e discute as arquiteturas utilizadas e as vantagens e desvantagens dessas arquiteturas. Para isso, constitui-se de mais 5 seções distribuídas da seguinte forma: a seção 2 apresenta a modelagem de organizações de agentes em ambientes de aprendizagem; as seções 3 e 4 apresentam duas aplicações modeladas segundo a visão organizacional de agentes, a seção 5 apresenta as considerações sobre as arquiteturas projetadas e, finalmente, a seção 6 apresenta as conclusões finais desse artigo.

<sup>1</sup> Aleksandra do S. Silva, UNAMA Av Alcindo Cacela, 287, CEP 66060-902, Belém, PA, Brasil, aleksandra@cci.unama.br.

<sup>2</sup> Silvana Rossy de Brito, UFES Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari s/n, Goiabeiras, 29.060-900, Vitória, ES, Brazil, UNAMA Av Alcindo Cacela, 287, CEP 66060-902, Belém, PA, Brasil, srossy@uol.com.br.

<sup>3</sup> Arturo Hernández Domínguez, UFAL Universidade Federal de Alagoas, CEP 57072-970, Maceió, AL, Brasil, arturo@npd.ufal.br.

<sup>4</sup> Eloi Luiz Favero, UFPA Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa n. 01, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil, favero@ufpa.br.

<sup>5</sup> Orivaldo de Lira Tavares, UFES Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari s/n, Goiabeiras, 29.060-900, Vitória, ES, Brazil, tavares@inf.ufes.br.

<sup>6</sup> Crediné Silva de Menezes, UFES Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Fernando Ferrari s/n, Goiabeiras, 29.060-900, Vitória, ES, Brazil, credine@inf.ufes.br.

## II. ORGANIZAÇÕES DE AGENTES EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM

Dentre as abordagens utilizadas na modelagem e construção de ambientes e softwares de apoio à aprendizagem, as metodologias que consideram a visão de sistema organizacional como abstração para a organização de agentes apresentam-se bastante apropriadas [14]. Essas metodologias são fundamentadas na visão de um sistema como uma organização computacional que consiste de vários papéis interagindo e são aplicáveis a uma grande variedade de sistemas, tratando dos aspectos nos níveis macro (de sociedade) e micro do agente.

No contexto da utilização de agentes em ambientes de aprendizagem, a idéia é comparar um sistema baseado em agentes a uma organização humana constituída de papéis como “aprendiz”, “professor” (ou “mediador”), “monitor” e assim por diante. Assim, os papéis são instanciados como os indivíduos existentes: existirá um indivíduo que assume o papel de aprendiz, outro que assume o papel de professor ou monitor, entre outros. Porém, a instanciação não é necessariamente estática. Muitos indivíduos podem assumir o papel de “mediador”, por exemplo. Além disso, não existe necessariamente um mapeamento um-para-um entre papéis e indivíduos. Também é possível que um indivíduo assuma muitos papéis, como um aprendiz também ser um “monitor”. Da mesma forma, pode haver muitos indivíduos que assumam um único papel como, por exemplo, “observador” [14].

Dentre as metodologias que apóiam a visão de sistemas baseados em agentes como organizações tem-se as metodologias GAIA [17] e ZEUS [4]. A metodologia ZEUS [4] é direcionada para a construção de agentes utilizando-se uma ferramenta computacional. Essa metodologia, assim como a GAIA [17] é orientada a papéis, que atuam no sistema para realizar suas responsabilidades [1]. GAIA [17] e ZEUS [4] capturam aspectos como: a flexibilidade do agente, o seu comportamento autônomo, as interações e a complexidade das estruturas organizacionais nas quais os agentes estão inseridos.

Na GAIA [17], um papel é definido através de três atributos: responsabilidades, permissões, e protocolos. A influência da modelagem de papéis, apesar de estar diretamente relacionada com a análise e especificação de requisitos, se estende à fase de projeto no momento em que um agente executa vários papéis, e assim, durante o projeto, os papéis previamente identificados serão compostos em agentes e só então a funcionalidade associada com cada papel pode ser implementada.

## III. TUTA

O TUTA [10] é um sistema tutor para um grupo de alunos virtual e está inserido na Arquitetura de uma Classe Virtual Adaptativa (ACVA) [7]. Esse tutor considera os princípios e modelos de um sistema tutor inteligente e o seu domínio no

contexto da ACVA é representado pela reutilização de entidades didáticas (associadas a um domínio) contidas em um servidor.

A arquitetura ACVA prevê que uma Classe Virtual é composta por um grupo de camadas. Desta forma, o acoplamento das camadas *SF\_Grupo* e *SF\_Básicos* permitem que se tenha um sistema tutor dedicado a aprendizagem de um domínio em particular e associado a um determinado nível de conhecimento. Os principais elementos que devem fazer parte dessa camada são os seguintes (figura 1): o servidor de entidades didáticas associadas a um domínio, o comportamento dos alunos durante a sessão, que são considerados através dos perfis individuais e de grupo, o funcionamento do tutor do ponto de vista didático, o qual depende da recuperação e execução de estratégias didáticas e a interação amigável dos estudantes com o sistema tutor, que é controlada pela interface.

A modelagem do ambiente realizou-se através de duas etapas: a primeira fase orientada a agentes e a segunda fase orientada a objetos.

Utilizando a metodologia GAIA, os elementos do TUTA (Interface, Servidor de Entidades Didáticas, Estratégias Didáticas, Comportamento do Aluno, Comportamento do Grupo e Coordenador de Grupo), são comparados a departamentos, responsáveis pela execução das atividades de treinamento do TUTA.

Após a identificação dos agentes associados aos papéis e a comunicação entre eles propõe-se então a arquitetura detalhada do tutor baseada em agentes [13] baseada nos modelos de papéis, interações, agentes e comunicação da metodologia GAIA [9].

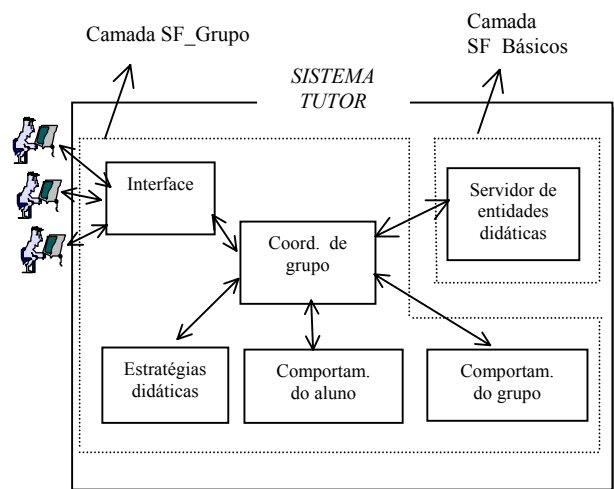


FIGURA 1

ELEMENTOS DO TUTOR NO CONTEXTO DA ACVA

O Funcionamento geral do TUTA ocorre da seguinte forma [10]: Presumindo que um *Professor* possua interesse em utilizar o TUTA para auxiliá-lo no ensino de Orientação a Objetos, ele então notifica o *Administrador do Sistema* a

respeito do seu interesse. O *Administrador do Sistema*, após analisar a solicitação do *Professor*, autoriza-o a utilizar o sistema. A partir de então, o *Professor* poderá a qualquer momento, realizar a especificação de um curso; sessões; estratégias e entidades didáticas a serem utilizadas; e registrar os alunos e o grupo de alunos que podem participar do curso. Essa especificação deve ocorrer através do *Agente Interface Especificação Curso*. O *Agente Interface Especificação Curso*, por sua vez, solicitará que um dos agentes pertencente ao *Conjunto de Agentes* armazene os dados em suas respectivas bases de dados (*Sessões de Ensino, Estratégias Didáticas, Domínio, Perfil Aluno e Perfil Grupo*). A partir de então, torna-se possível a execução das sessões de um curso. Cada *Aluno*, após receber uma notificação de que haverá sessão, pode utilizar o sistema para participar de tal sessão, juntamente com os demais membros do *Grupo* e o *Professor*. A participação dos Alunos em uma sessão de treinamento do TUTA acontece através dos *Agentes Interfaces de Sessão*. Cada aluno possui o seu *Agente Interface Aluno* e o *Professor* também possui o seu *Agente Interface Professor*. A seguir, o *Conjunto de Agentes do TUTA* começa então a agir, conforme uma *Estratégia Didática* especificada pelo *Professor*.

O funcionamento de uma sessão de ensino no TUTA é determinado pelo módulo de estratégias (multi-estratégias) que permite a interpretação de qualquer estratégia definida pelo professor (armazenada em arquivo). Uma estratégia é representada via um conjunto de primitivas básicas que permitem a definição de um algoritmo-estratégia e o Módulo Didático é representado por um Servidor de Objetos Didáticos, que está associado aos objetos do domínio.

#### IV. MEDIADOR

Dentre as várias abordagens pedagógicas existentes, a pedagogia de projetos se apresenta como uma abordagem que valoriza a aprendizagem significativa, a cooperação e a colaboração entre aprendizes e mediadores [13]. Essa abordagem é particularmente adequada em disciplinas onde o desenvolvimento do projeto aparece de forma faseada, como é o caso do projeto de um compilador.

Na pedagogia de projetos, os projetos se constituem em planos de trabalho e conjunto de atividades que podem tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, significativo e interessante para o aprendiz, deixando de existir a imposição dos conteúdos de maneira autoritária. A partir da escolha de um tema, o aprendiz realiza pesquisas, investiga, registra dados, formula hipóteses, analisa, aplica e avalia o artefato construído [3].

Nesta concepção, cada mediador tem suas formas de avaliação e acompanhamento dos projetos desenvolvidos pelos grupos que acompanha. Essas formas de avaliação e acompanhamento podem ser vistas como estratégias de acompanhamento. As estratégias de acompanhamento devem servir para identificar falhas no processo, além de

motivar o componente do grupo (ou o próprio grupo) para desenvolver as atividades planejadas.

O problema das estratégias de acompanhamento tratado no MEDIADOR é similar ao problema nos Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), tratado em Giraffa [6], com a diferença de se tratar de “acompanhamento” de projetos e não de tutoria.

Em um projeto, a responsabilidade e a autonomia dos aprendizes são essenciais. Os aprendizes são co-responsáveis pelo trabalho e pelas escolhas realizadas ao longo do desenvolvimento do projeto. Em geral, essas escolhas são realizadas em equipe, motivo pelo qual a cooperação está também quase sempre associada ao trabalho de projetos. A cooperação é necessária uma vez que o desenvolvimento de um projeto envolve complexidade e resolução de problemas. O objetivo central do projeto constitui um problema que exige o planejamento e a execução de uma ou mais atividades para sua resolução. A execução dessas atividades acontece de forma faseada, ou seja, percorrendo várias fases, conforme sugerem Menezes et al. [8]: identificação do problema, observação e mineração, coleta de dados, análise, síntese, formalização e validação.

No contexto da educação orientada a projetos, as ferramentas de suporte ao processo de aprendizagem a distância devem prever um meio de comunicação multidirecional eficiente entre seus participantes (mediadores, aprendizes e colaboradores), de forma a substituir a interação pessoal entre eles por uma ação sistemática e conjunta de diversos recursos didáticos, proporcionando um aprendizado independente e flexível aos estudantes. Ao contrário de uma sala de aula, não é necessário que todos os aprendizes estejam realizando as mesmas tarefas, ou em um mesmo ponto em relação ao conteúdo e objetivos do curso. Dessa maneira, seria inadequado insistir na prática de longas aulas de exposição de temas e na hierarquia de papéis de mediadores e aprendizes [13].

O foco, na abordagem orientada a projetos, é acompanhar as participações para promover a integração do aprendiz no processo de aprendizagem. No decorrer desse processo, algumas das dificuldades relatadas durante o acompanhamento dos projetos, por mediadores de cursos a distância, *online* e orientados por projetos, permitiram definir uma classificação para esses problemas, detalhados por Tavares et al. [13]: acompanhamento dos aprendizes, sobrecarga dos mediadores, agendamento e comunicação. Os problemas são levantados a partir da experiência dos mediadores do curso de especialização *lato sensu* em informática educativa (formação de multiplicadores do PROINFO), iniciado em Julho de 1999. Esse curso usou, como suporte à interação, a primeira versão do AmCorA, baseado na proposta de Menezes et al [8]. O ambiente AmCorA segue uma abordagem construtivista, com forte enfoque à cooperação. A partir dos problemas identificados, um conjunto de requisitos é proposto por Tavares et al. [13].



novos agentes sem necessitar alterar toda a organização (os endereços dos agentes não precisam ser conhecidos a priori, apenas o endereço do comunicador deve ser conhecido). A opção pelo comunicador possibilita executarem vários agentes pertencentes à mesma organização [14]. Esses agentes podem estar em máquinas distintas na rede (Internet ou intranet) ou na mesma máquina e, desde que conheçam o endereço do comunicador, podem interagir entre si e realizar os objetivos da organização. Também é possível criar organizações cooperativas entre si, bastando criar outros agentes de comunicação, cada um responsável por uma organização [1], configurando uma topologia P2P híbrida [13].

Um dos pontos fracos da opção pelo agente comunicador está no aspecto centralizador. A centralização torna a organização vulnerável no sentido em que toda a troca de mensagens depende do agente de comunicação. Caso ocorram falhas com esse agente, toda a organização fica comprometida. Além disso, existe uma sobrecarga causada pela retransmissão da mensagem. Na opção por essa topologia, essa sobrecarga deve ser avaliada em relação à sobrecarga causada pelos algoritmos para gerenciar a comunicação na topologia totalmente descentralizada.

## VI. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou dois ambientes de aprendizagem modelados com metodologias que adotam a visão de estrutura organizacional na forma de agentes. A adequação desse paradigma na construção de ambientes de aprendizagem pode ser observada pelo fato desses sistemas proverem uma estrutura, onde se pode identificar entidades cooperantes, que podem ser diretamente modelados como sendo agentes autônomos, com suas próprias capacidades e potencialidades. A metodologia utilizada fornece uma notação que oferece suporte às características de continuidade temporal, autonomia, reatividade, flexibilidade e pró-atividade dos agentes. Nas duas aplicações apresentadas, o poder da abstração de agentes (na verdade, de papéis) foi combinado com um projeto e implementação orientado a objetos significativamente simplificado e com alta reusabilidade. A grande vantagem dessas estruturas está nas características pró-ativas que incorporam aos ambientes

## REFERÊNCIAS

- [1] Brito, S. R., Togneri, D. F., Tavares, O. L., Menezes, C. S., Falbo, R. A. "Um Sistema Multiagente para Gerência de Reuniões em Ambientes de Aprendizagem Cooperativa". In: *Workshop de Ambientes de Aprendizagem baseados em Agentes*, 2., 2000, Maceió: UFAL, nov. 2000.
- [2] Brito, S. R.; Gava, T. B. S.; Tavares, O. L.; Menezes, C. S. "Metodologias para desenvolvimento de sistemas multiagentes: Visão geral e comparação". In: *Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial*, 9, 2001. Anais... Fortaleza: 2001.
- [3] Brito, S. R., Tavares, O. L., Menezes, C. S., "MEDIADOR: Um ambiente para aprendizagem orientada a projetos com suporte inteligente à mediação", In: *SBIE'99 Simpósio Brasileiro de*
- [4] Collis, J., Ndumu, D. *The Role Modelling Guide*. Applied Research and Technology, BT Labs. Release 1.01, ago, 1999. Disponível em: <http://193.113.209.147/projects/agents/zeus/library/zeus-rmg.zip>. Acesso em 20 nov. 2000
- [5] Finin, T., McKay, D., Fritzson, R. *An Overview of KQML: A Knowledge Query and Manipulation Language*. Disponível em: <http://www.cs.umbc.edu/~finin/papers/>. Acesso em 12 mar. 2000.
- [6] Giraffa, L.M.M. *Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais*. 177 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) CPGCC/UFRGS, Porto Alegre., 1999.
- [7] Hernández-Domínguez, A. "A Specification and implementation of an adaptable virtual class". In: *ED-MEDIA/ED-TELECOM 97 - World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia and on Educational Telecommunications.*, 1997, Calgary. Educational Multimedia/Hypermedia and Telecommunications, 1997. Charlottesville, VA- USA: AACE (Association for the Advancement of Computing in Education), 1997. v.1. p.467 - 472
- [8] Menezes, C.S., Cury, D., Campos, G.H.B, Castro Jr., A. N., Tavares, O. L. *AmCorA – Um Ambiente Cooperativo para a Aprendizagem Construtivista Utilizando a Internet*, Projeto de Pesquisa: DI/CT/UFES, 1999.
- [9] Rodrigues, J. A., Barbosa, P. R., Brito, A.F. "O Papel da Pedagogia e da Andragogia no Ensino de Computação em Engenharia". *Proceedings of the International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE2000)*. São Paulo/BR, 2000.
- [10] Preto, T. M. "O Ensino de Linguagens de Programação para Novatos: Principais Problemas e as novas Tecnologias". *Proceedings of the International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE2000)*. São Paulo/BR, 2000.
- [11] Silva, A., Hernández-Domínguez, A. "Uma modelagem baseada em agentes de um Tutor no contexto de uma Classe Virtual Adaptativa". In *SBIE'99 (Workshop de Ambientes de Aprendizagem baseados em agentes)*, Curitiba: UFPR, 1999.
- [12] Silva, A. S. "Um Tutor Baseado em Agentes no Contexto do Ensino a Distância". 2000. Dissertação (Mestrado em Informática) DSC/UFPB, Campina Grande-PB, 2000.
- [13] Silva, A. S., Hernández-Domínguez, A. "Desenvolvimento de um Sistema Tutor Inteligente baseado em Agentes no contexto de uma Aula Adaptada". In: *SBIE – Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2001. Anais... Vitória: 2001.
- [14] Silva, A. S., Hernández-Domínguez, A., Favero, E. L., Brito, S. R., Tavares, O. L., Menezes, C. S., "Organizações de agentes em ambientes de aprendizagem", In: *Workshop de Ambientes de Aprendizagem baseados em Agentes*, 4, 2002, São Leopoldo: UNISINOS, 2002.
- [15] Szoke, M. *Peer-to-peer Networks Business Models and Enterprise Applications*. Disponível em: <http://www.wai.wu-ien.ac.at/~koch/lehre/inf-sem-ws-01/szoeki/peer2peer.pdf>. Acesso em: 29 abril 2002.
- [16] Tavares, O. L.; Brito, S. R.; Souza, R. S.; Menezes, C. S. "Ambiente de apoio à mediação de aprendizagem: Uma abordagem orientada por processos e projetos". *Revista de Informática na Educação*, set., 2001-pag 77-87.
- [17] Wooldridge, M., Jennings, N. R., Kinny, D. "The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design". In: *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 2000. Disponível em: <http://www.csc.liv.ac.uk/~mjw/>. Acesso em 01 fev. 2001.