

Objetos Inteligentes de Aprendizagem: uma abordagem baseada em agentes para objetos de aprendizagem.

Eduardo Rodrigues Gomes¹, Ricardo Azambuja Silveira², Rosa Maria Viccari¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – CEP 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brasil

²Departamento de Informática – Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Caixa Postal 354 – CEP 96010-900 – Pelotas, RS – Brasil

{ergomes,rosa}@inf.ufrgs.br, rsilv@ufpel.edu.br

Resumo. Este artigo discute a utilização de tecnologias de agentes em objetos de aprendizagem como forma de dar maior flexibilidade e adaptabilidade a estes, transformando-os em Objetos Inteligentes de Aprendizagem (ILO). ILOs são agentes que desempenham o mesmo papel que objetos de aprendizagem. Este artigo complementa artigos anteriores relatando as potencialidades de tal abordagem e propondo uma arquitetura multiagente.

1. Introdução

Em artigos anteriores (Silveira et al 2004a)(Silveira et al 2004b), propomos a busca por uma convergência entre as tecnologias de Objetos de Aprendizagem e de Sistemas Multiagentes como forma de dar mais flexibilidade, adaptabilidade e interatividade a ambientes de aprendizagem. O produto dessa busca são os Objetos Inteligentes de Aprendizagem (ILO – *Intelligent Learning Object*).

A tecnologia de objetos de aprendizagem baseia-se na hipótese de que é possível criar pequenos “pedaços” de material instrucional e organizá-los de forma a permitir a sua *reusabilidade*, promovendo economia de tempo e de custo na produção de cursos *on-line*.

Para ser reutilizado, um objeto de aprendizagem precisa ser modular, *interoperável* e ter a capacidade de ser descoberto. Muitas organizações e grupos de pesquisa vêm trabalhando no sentido de alcançar estas características e também no sentido de aprimorar a eficiência e eficácia destes objetos. A maioria dos esforços concentra-se na definição de padrões. Iniciativas como o *Learning Technology Standard Comitee* (LTSC) do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE 2004), a *Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe* (ARIADNE 2004), o *IMS Global Learning Consortium*, a *Canadain Core* (CanCore 2004), e a *Advanced Distributed Learning initiative* (ADL 2004) têm contribuído significativamente na definição de padrões de indexação (metadados). Estruturas de metadados contém informações que descrevem o conteúdo educacional carregado pelo objeto de aprendizagem, o que facilita a tarefa de encontrar o objeto que melhor se adapta a uma demanda específica.

Apesar de todo o esforço que vem sendo empreendido na área, os objetos de aprendizagem ainda carecem de aprimoramento. De acordo com Downes (Downes 2002), muito trabalho precisa ser feito para o uso de um objeto de aprendizagem. É necessária a construção de um ambiente educacional no qual este objeto funcione. Os possíveis usuários precisam localizar os objetos de aprendizagem e então arranjá-los de acordo com algum fim pedagógico. Em alguns casos são necessárias a instalação e a configuração de *softwares* específicos para que estes objetos possam ser visualizados (um vídeo ou uma animação *flash*, por exemplo). E, os objetos precisam ser entregues em algum tipo de contexto educacional. Segundo este autor, o

tanto de trabalho necessário para o uso de um objeto de aprendizagem leva-nos a acreditar que necessitamos na verdade é de objetos de aprendizagem mais “espertos”.

P Mohan e C Brooks (Mohan & Brooks 2003) apontam mais algumas limitações. De acordo com eles, a tarefa de encontrar o objeto de aprendizagem correto é muito custosa. Isso porque o especialista em conteúdo precisa examinar cuidadosamente cada um deles. Ainda, segundo estes autores, os atuais padrões de metadados para objetos de aprendizagem são pobres e não permitem que se faça decisões baseadas em princípios pedagógicos.

Por outro lado, um sistema multiagente é composto por uma comunidade de entidades individuais denominadas agentes. Um agente (Bradshaw 1997) é uma entidade de software que trabalha continuamente e de forma autônoma em um ambiente particular geralmente habitado por outros agentes. Um agente é capaz de interferir neste ambiente de forma flexível e inteligente, sem requerer intervenção humana ou direcionamento. Idealmente, um agente deve ter a capacidade de aprender através de suas experiências passadas e, se ele habita um ambiente com outros agentes, ele deve ser capaz de se comunicar e cooperar com eles.

Creemos que seria bastante útil buscar uma convergência entre as tecnologias de objetos de aprendizagem e de sistemas multiagentes. Acreditamos que um objeto de aprendizagem se dotado de características de agentes, tais como autonomia, conhecimento sobre si próprio, sociabilidade e objetivos, pode ser mais útil pedagogicamente do que o é atualmente (Silveira et al 2004a). Ainda, com esta convergência, acreditamos ser possível superar algumas das atuais limitações dos objetos de aprendizagem.

Os Objetos Inteligentes de Aprendizagem (Silveira et al 2004a)(Silveira et al 2004b) constituem uma abordagem que busca a convergência citada acima, na qual agentes desempenham papéis de objetos de aprendizagem. Este artigo complementa os anteriores relatando as potencialidades de tal abordagem e propondo uma arquitetura multiagente.

2. Porque Objetos Inteligentes de Aprendizagem?

Conceitualmente, um Objeto Inteligente de Aprendizagem é um agente capaz de desempenhar o papel de um objeto de aprendizagem. No entanto, de certa forma, um Objeto inteligente de Aprendizagem também é um tipo especial de objeto de aprendizagem que possui características de agentes. As duas definições estão corretas.

Operacionalmente, um ILO é um agente que pode gerar experiências de aprendizagem no mesmo sentido dos objetos de aprendizagem, apresentando características inerentes a estes tais como: *modularidade*, interoperabilidade, capacidade de ser descoberto, e, mais importante, *reusabilidade*.

Neste trabalho, quer-se integrar o que há de melhor em objetos de aprendizagem e sistemas multiagentes e, com isso, permitir o desenvolvimento de objetos de aprendizagem mais inteligentes. A Figura 1 apresenta uma diagramação desta integração.

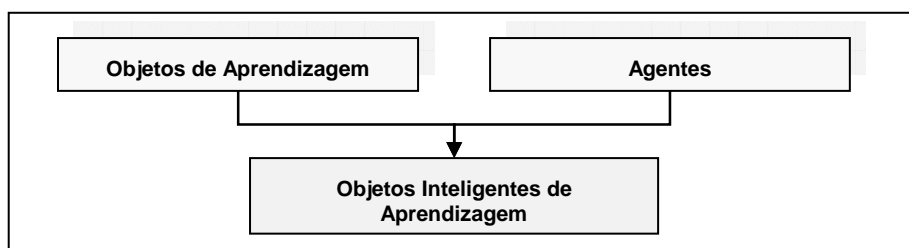


Figura 1. Bases tecnológicas dos Objetos Inteligentes de Aprendizagem

A utilização do paradigma de agentes para a construção de objetos de aprendizagem apresenta inúmeras potencialidades. Uma delas diz respeito aos métodos de comunicação adotados pelos agentes. Um agente é capaz de se comunicar através de troca de mensagens utilizando uma linguagem de comunicação de alto nível denominada Linguagem de Comunicação de Agentes (LCA). No modelo de objetos de aprendizagem mais completo atualmente, o SCORM (ADL 2004), a comunicação é feita através de passagem de parâmetros e chamadas de métodos, no espírito da orientação a objetos. Isso resulta em uma comunicação bastante estática, onde todas as possibilidades devem ser previstas em tempo de projeto. O uso de uma LCA extrapola esta estaticidade e dá uma dinâmica maior ao processo. Isso porque as LCA são baseadas em teorias capazes de dar mais semântica à comunicação. Ainda, o conteúdo das mensagens pode ser representado através de uma Linguagem de Conteúdo (LC), as quais são fortemente baseadas em formalismos lógicos. O resultado da comunicação através da união de LC e de LCA é potencialmente melhor do que a comunicação através da abordagem de orientação a objetos, como os modelos de objetos de aprendizagem atuais fazem.

Outra possibilidade interessante está ligada à capacidade de aprendizagem que os agentes possuem. Um objeto de aprendizagem dotado desta capacidade pode adquirir novos conhecimentos e comportamentos no decorrer de sua existência através da interação com outros alunos e até mesmo com outros objetos de aprendizagem. Assim, é possível que o objeto de aprendizagem evolua, ele não é mais estático como nos modelos atuais. As possibilidades de aprendizagem são enormes, tais como: adquirir novos materiais educacionais que podem auxiliar o aluno e complementar a sua tarefa; adquirir informações sobre os alunos, como as suas preferências e estilos cognitivos, para poder se adaptar a estas e até mesmo aprender como se adaptar a elas; mudar o seu conteúdo educacional no sentido de se adaptar ao estudante; entre outras. Existem muitos trabalhos relacionados à implementação de aprendizagem em agentes e que podem ser utilizados.

Trabalhos enfocando mecanismos e métodos de coordenação e cooperação entre agentes podem dar à sociedade de ILO a capacidade de se auto-organizar com vistas a disponibilizar experiências de aprendizagem mais ricas. Em conjunto com a capacidade de comunicação, a utilização de mecanismos de coordenação e cooperação possibilita a emergência de comportamentos complexos entre os ILOs e de experiências educacionais mais completas.

Alguns tipos de agentes deliberam e fazem planos baseados em conjuntos de estados mentais. Esse tipo de agentes, chamados Agentes BDI (*Belief, Desire and Intention*) (Bradshaw 1997), podem ser bastante úteis para a modelagem de comportamentos complexos. Um ILO concebido através de arquiteturas BDI pode implementar objetos de aprendizagem bastante avançados.

Algumas outras características típicas de agentes também são bastante interessantes para a utilização em objetos de aprendizagem. A autonomia possibilita a um ILO a capacidade de atuar baseado no seu próprio conhecimento e comportamento, sem a necessidade e intervenção externa. A pró-atividade assegura que um ILO sempre atuará de forma a satisfazer os seus objetivos. As sociabilidade e benevolência referem-se às habilidades de ser social e de ser cooperativo com relação aos outros ILOs do ambiente.

Em suma, as potencialidades do uso de “agentes objetos de aprendizagem”, os ILOs, são bastante grandes. Isso porque a flexibilidade e a dinamicidade que se pode alcançar com eles é maior do que a que se pode alcançar através do uso dos objetos de aprendizagem atuais. Em consequência, ambientes de aprendizagem baseados neles podem ser mais flexíveis e mais dinâmicos, também.

3. Uma arquitetura multiagente para os ILOs

A sociedade multiagente na qual os ILOs estão inseridos é composta por dois tipos de agentes. O primeiro deles corresponde aos próprios Objetos Inteligentes de Aprendizagem. O outro tipo corresponde aos Agentes LMSs, os quais representam os ambientes de aprendizagem baseados em agentes.

A dinâmica da sociedade de agentes consiste na interação entre alunos, Agente LMS e Objetos Inteligentes de Aprendizagem. O estudante acessa o Agente LMS no sentido de ter experiências de aprendizagem. O Agente LMS disponibiliza Objetos Inteligentes de Aprendizagem para o aluno. Os ILOs são, então, responsáveis por gerar as experiências de aprendizagem para os alunos. Nesta tarefa, um ILO pode se comunicar com o Agente LMS e com os outros agentes a fim de compor experiências mais ricas. A Figura 2 apresenta a sociedade de agentes e dá uma idéia esquemática da dinâmica desta sociedade.

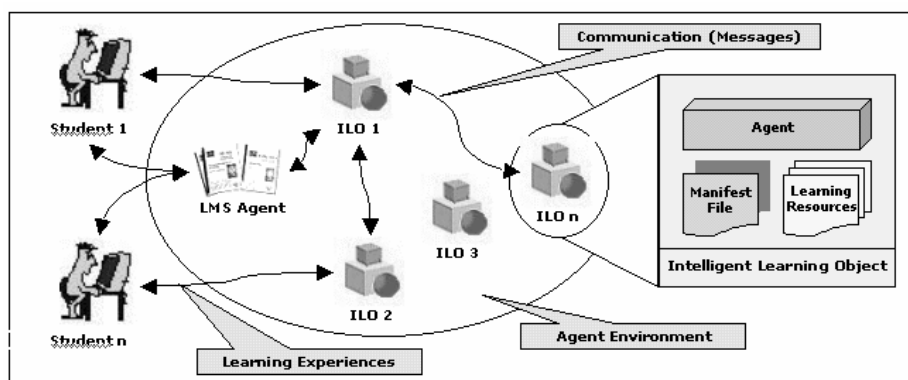


Figura 2. Arquitetura multiagente para os ILOs.

Os agentes habitam um ambiente FIPA provido pelo *framework* FIPA-OS (FIPA-OS 2004). A comunicação entre os agentes se dá por troca de mensagens na linguagem FIPA-ACL. O conteúdo das mensagens é descrito em FIPA-SL.

3.1 Agente LMS

O Agente LMS representa todos os agentes de um ambiente de aprendizagem baseado em agentes. Sua tarefa é gerenciar a interação do aluno com os objetos inteligentes de aprendizagem. Para tal, ele provê uma forma dos estudantes acessarem os ILOs, armazena as informações dos estudantes e as passa para os ILOs sempre que necessário.

O Agente LMS deve ser capaz de se comunicar com os Objetos Inteligentes de Aprendizagem. Para isso, ele deve conhecer os protocolos e as ontologias utilizadas neste processo (veja secção 4.2).

O Agente LMS pode representar um Sistema Tutor Inteligente ou um Ambiente Inteligente de Aprendizagem. Nestes casos, é sua responsabilidade encontrar um ILO apropriado para cada estudante com base em um modelo de aluno construído por ele próprio.

3.2 Os Objetos Inteligentes de Aprendizagem

Como já citado anteriormente, um ILO nada mais é do que um agente capaz gerar experiências de aprendizagem no mesmo sentido de que os objetos de aprendizagem o fazem, apresentando características inerentes a estes tais como: *modularidade*, interoperabilidade, capacidade de ser descoberto, e, mais importante, *reusabilidade*.

A partir desta definição podem aparecer os mais diversos tipos de ILOs, com as mais variadas arquiteturas internas. Não é o objetivo deste trabalho restringir tais existências. Entretanto, desejamos estabelecer alguns requisitos. São eles: (a) um ILO deve ser capaz de se comunicar através de troca de mensagens usando a linguagem FIPA-ACL; (b) um ILO deve conhecer e seguir um determinado conjunto de protocolos de interação entre agentes; (c) ele deve conhecer os termos que são trocados na comunicação; (d) o conteúdo das mensagens deve ser representado em FIPA-SL; (e) ele deve ser compatível com os padrões FIPA.

O componente central de um ILO é o seu agente. Ele deve ser projetado de acordo com as concepções de Wooldridge, Jennings and Kinny (Wooldridge et al 1999) que consideram um agente como um sistema computacional granular que faz uso de recursos computacionais e que maximiza alguma medida global. Esta definição prima pela idéia de que um agente deve compor um sistema maior, realizando sub-tarefas de uma tarefa mais geral.

Em conformidade com as concepções apresentadas acima, os ILOs devem ser criados e/ou utilizados no sentido de executar tarefas específicas que sejam capazes de gerar experiências de aprendizagem significativas através de interações com o estudante. No projeto de um ILO deve ser levado em consideração características que promovam a sua *reusabilidade*. Quanto menor e mais simples a tarefa pedagógica executada pelo ILO, mais adaptável e flexível será a experiência de aprendizagem gerada por ele. Além disso, e mais importante, um ILO deve ser projetado de acordo com um especialista em conteúdo.

4. Uma proposta de arquitetura interna para ILOs

Nesta secção apresentaremos uma proposta de arquitetura interna para ILOs. Nesta arquitetura, um ILO é composto por um agente, por um arquivo de manifesto (*manifest file*) e por recursos de aprendizagem. O agente é capaz de interpretar o arquivo de manifesto, o qual contém: referências para os recursos de aprendizagem (*content packaging information*); informações sobre como os recursos de aprendizagem devem ser apresentados aos alunos (*sequencing rules*); e, dados que descrevem a experiência de aprendizagem por ele gerada (*metadata*). As informações contidas no arquivo de manifesto seguem padrões adotados globalmente. A arquitetura interna proposta é apresentada na figura 3.

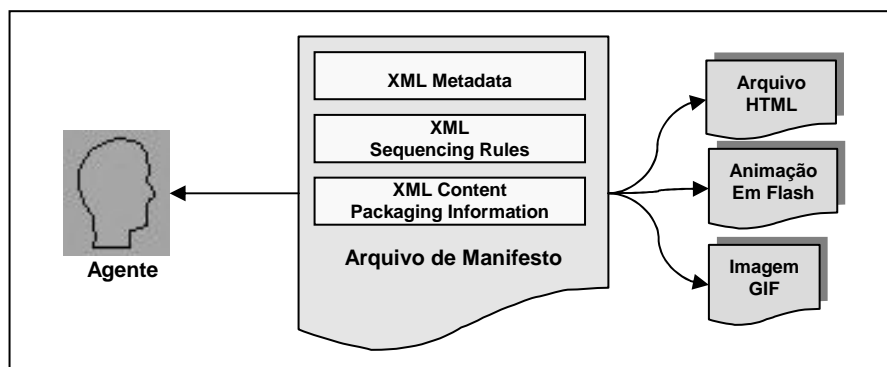


Figura 3. Arquitetura interna proposta para os ILOs

As informações de metadados (*metadata*) são usadas para descrever o conteúdo de aprendizagem que o ILO carrega. Elas habilitam a capacidade de um ILO ser descoberto. O modelo de metadados para a descrição de objetos de aprendizagem mais completo atualmente é o padrão P1484.12.1 IEEE *Standard for Learning Object Metadata* (IEEE 2004). Este é o padrão adotado por nós. Os metadados são descritos em XML usando o padrão P1484.12.3 *Standard for XML binding for Learning Object Metadata data model* (IEEE 2004).

As informações de empacotamento de conteúdo (*content packaging information*) são utilizadas para descrever e empacotar os recursos de aprendizagem. Elas tratam da descrição, da estruturação e da localização destes recursos. As informações de empacotamento são descritas de acordo com o padrão *IMS Content Packaging Information* (IMS 2004) descrito em XML conforme o *IMS Content Packaging XML Binding Specification* (IMS 2004).

As informações de sequenciamento (*sequencing rules*) definem uma forma de se representar o comportamento pretendido com relação à sequência de recursos de aprendizagem que deve ser apresentada ao aluno. Elas incorporam regras que descrevem o fluxo de conteúdo de acordo com a interação do aluno com o ILO. As informações de sequenciamento são descritas de acordo com o padrão *IMS Simple Sequencing Information and Behavior Model* (IMS 2004) descritos em XML conforme o documento *IMS Simple Sequencing XML Binding* (IMS 2004).

Os Recursos de Aprendizagem representam os arquivos reais referenciados nas informações de empacotamento de conteúdo. Estes arquivos podem ser arquivos locais, que estão realmente incorporados ao pacote do ILO, ou arquivos externos, referenciados através de uma URI (*Universal Resource Indicator*). Eles podem ser de qualquer tipo, desde que seja possível a sua apresentação em um navegador Web (*Web browser*).

4.1 O componente agente

Já foi citado que um agente é uma entidade autônoma e que pode aprender através de experiências passadas. Logo, seria uma incongruência afirmar que o comportamento do ILO é dado pelo arquivo de manifesto. Entretanto, isso não é verdade, pois o comportamento do ILO é dado pelo componente agente, cujas decisões são fundamentadas em uma base de conhecimentos e em regras de comportamento (veja Figura 4).

O componente agente interpreta o arquivo de manifesto para construir a sua Base de Conhecimento. Depois disso, ele começa a executar em um ciclo pré-definido. Primeiro, um componente de sensoriamento detecta eventos do ambiente, como recebimento de mensagens ou qualquer tipo de mudanças. Se o evento corresponde a um recebimento de mensagem, a tarefa que a mensagem carrega é decomposta. Depois, o agente determina quais regras são aplicáveis na situação corrente, de acordo com a sua base de conhecimento. Se for preciso a execução de alguma tarefa no ambiente, um componente de ação (atuação) é acionado. Após, ocorre a manutenção da base de conhecimento através de atualização do estado mental do agente. Depois, são feitos planejamentos acerca das ações futuras do agente. Por fim, o ciclo volta ao estado inicial.

A Base de Conhecimento do agente é baseada no modelo de crenças, desejos e intenções (BDI – *Believes, Desires and Intentions*) (Bradshaw 1997). As crenças representam o que o agente acredita em relação ao ambiente, aos outros agentes e a ele próprio. Os desejos representam as vontades que o agente possui, em outras palavras, representam o que o agente gostaria de fazer. As intenções representam o que o agente está comprometido a fazer. As intenções são um sub-conjunto dos desejos. Através do modelo BDI, o ILO é capaz de adquirir novos conhecimentos, que podem ser fatos ou regras de comportamento. Como exemplo, um ILO pode aprender, pela sua experiência, que um determinado conteúdo não apresenta um resultado adequado se usado com um determinado tipo de estudante, ou que um dado aluno se sai melhor se for usado outra tática educacional.

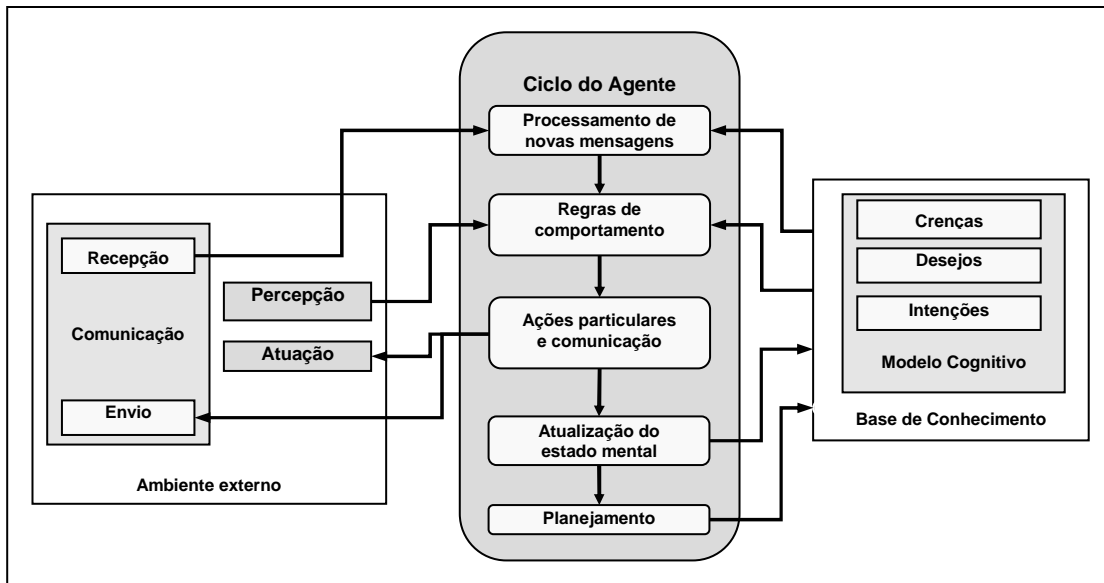


Figura 4. O ciclo do agente

4.2 Implementação

A implementação do agente deve ser feita levando-se em consideração os padrões definidos pela organização FIPA (FIPA 2004). A FIPA é uma organização que visa promover a padronização entre as tecnologias de sistemas multiagentes de forma que se alcance a interoperabilidade entre estes. Entre as suas contribuições encontram-se as linguagens FIPA-ACL e FIPA-SL, para a descrição da comunicação e de conteúdo, respectivamente.

O *frameworks* FIPA-OS provê um conjunto de classes JAVA para a construção de agentes FIPA. Além disso, ele disponibiliza todos os serviços necessários para que ocorra a comunicação entre os agentes. Aconselha-se que os ILOs sejam construídos através deste *framework*.

As atividades de comunicação do agente são efetuadas através de troca de mensagens usando a linguagem FIPA-ACL. Na representação do conteúdo das mensagens é utilizada a linguagem FIPA-SL. A Figura 5 apresenta uma mensagem FIPA-ACL com conteúdo expresso em FIPA-SL. Nela, um Agente LMS informa a um agente ILO que (é verdade que) um estudante é um humano. Outras informações na mensagem afirmam que o conteúdo está expresso em FIPA-SL e que a ontologia a ser utilizada para dar sentido à mensagem é a ontologia “escola”.

```
(inform
  :sender (agent-identifier :name "Agente LMS")
  :receiver (set (agent-identifier :name ILO))
  :content "(humano estudante)"
  :ontology "escola"
  :language fipa-sl
)
```

Figura 5. Exemplo de mensagem FIPA-ACL.

A ontologia utilizada pelos ILOs está em desenvolvimento e será baseada no padrão P1484.11.1 *Data Model For Content Object Communication standard* (IEEE 2004) produzido pelo IEEE LTSC. Este padrão define um conjunto de elementos que podem ser usados na

comunicação entre objetos de conteúdo (nossos ILOs) e ambientes de aprendizagem (nossos Agentes LMSs). Os protocolos de comunicação que os agentes devem seguir são baseados nos Protocolos de Interação FIPA (FIPA 2004).

5. Trabalhos relacionados

Esta investigação está se dando dentro do escopo do projeto MAIDE (Modelagem de Ambientes Inteligentes de Aprendizagem) (Silveira et al 2003), o qual visa o estudo e a implementação de modelos de Ambientes Inteligentes Distribuídos de Aprendizagem baseados na abordagem de Arquiteturas Multiagentes voltado para a implementação de programas de capacitação de recursos humanos baseados em Treinamento Virtual.

A arquitetura multiagente adotada pelo projeto MAIDE (Gomes et al 2003)(Silveira et al 2003a) é composta por duas famílias de agentes: um agente responsável pelo modelo do aluno (Agentes do Modelo de Aluno) e um conjunto de agentes responsáveis pelas tarefas relacionadas com táticas de ensino (Agentes Pedagógicos).

Os agentes pedagógicos do projeto MAIDE desempenham atividades de ensino como exemplos, exercícios, demonstrações, simulações, entre outras. Eles podem ser reaproveitados de um curso para outro. Para tal, é suficiente que se construa material educacional para eles e que a base de conhecimento do sistema seja alimentada adequadamente. Baseado no material educacional disponível, um agente pedagógico é capaz de gerar experiências de aprendizagens para os alunos. A formação completa do aluno é obtida através da cooperação entre o conjunto de agentes pedagógicos definidos para um curso.

A principal diferença entre os ILO e os agentes pedagógicos do MAIDE está na filosofia de desenvolvimento de um e de outro. No MAIDE os agentes são especializados em táticas de ensino, sem se importar com o conteúdo que será exibido e sem terem, portanto, capacidade de ser descoberto em função deste conteúdo, enquanto que os ILOs devem ser desenvolvidos em função do conteúdo educacional através da aplicação de uma ou de várias táticas de ensino. Entretanto, a arquitetura do MAIDE influenciou bastante a arquitetura multiagentes deste trabalho, tanto que consideramos os objetos inteligentes de aprendizagem como uma evolução dos agentes pedagógicos do MAIDE, como apresentado em (Silveira et al 2004a).

P. Mohan, e C. Brooks (Mohan & Brooks 2003) propuseram um modelo de objetos de aprendizagem orientados a objetos, onde todos os objetos de aprendizagem são instâncias de uma superclasse denominada *LearningObject*. Cada objeto de aprendizagem possui um conjunto de propriedades que vão desde a instanciação de padrões de metadados (por ex. LOM) até informações contextuais de onde eles podem ser utilizados. Uma propriedade interessante corresponde à possibilidade de ter informações de combinações entre os objetos de aprendizagem.

Os objetos inteligentes de aprendizagem são capazes de implementar todas as funcionalidades que a abordagem de por P. Mohan & C. Brooks pode apresentar. E, ainda são capazes de automatizar o processo de combinações entre os objetos de aprendizagem através de mecanismos de coordenação e comunicação. Os objetos desenvolvidos por aqueles autores são estáticos. Com exceção da propriedade de combinação entre objetos, eles não possuem a capacidade de evolução que os ILOs possuem.

O *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) (ADL 2004) é o modelo atual mais completo para o compartilhamento de conteúdo educacional. Nele, recursos de aprendizagem são agrupados em pacotes. Cada pacote possui um arquivo que descreve o conteúdo do pacote e como este deve ser usado. A comunicação entre um pacote SCORM e os ambientes de aprendizagem é feita através de uma API (*Application Program Interface*). As chamadas à API são efetuadas em *JavaScript* e podem envolver informações sobre os

estudantes. Essas informações são armazenadas em um Modelo de Dados (*Data Model*), o qual permite a comunicação padronizada entre os pacotes e os ambientes de aprendizagem. Somente os pacotes são capazes de chamar os métodos da API.

Um das diferenças entre os pacotes de conteúdo do SCORM e os ILOs se concentra na forma como é feita a comunicação entre os objetos e os ambientes de aprendizagem. No SCORM a comunicação é feita no espírito da orientação a objetos, com chamadas de métodos e passagem de parâmetros. Nos ILOs a comunicação é feita via troca de mensagens codificadas através de uma LCA e de uma LC, como comentado na seção 2. Outro diferencial corresponde à iniciativa de comunicação, que nos ILOs pode ser tomada tanto pelo próprio ILO como pelo ambiente de aprendizagem. Já no SCORM, devido a problemas tecnológicos, somente o objeto é capaz de tomar a iniciativa na comunicação. No SCORM, um objeto não é capaz de se comunicar com outros objetos no sentido de coordenar ações. No modelo ILO esta possibilidade pode ser contemplada. E, por fim, o comportamento do objeto no modelo SCORM é estático, ditado totalmente pelo arquivo de manifesto. O comportamento de um ILO é dinâmico, guiado pelo arquivo de manifesto e ditado pelas suas regras de comportamento e pelo seu conhecimento, os quais podem ser atualizados.

A empresa Command Technologies (Command Technologies 2004) utiliza o termo “Objeto Inteligente de Aprendizagem” para a idéia de desmembrar um Sistema Tutor Inteligente em vários sistemas menores. Ela afirma que estes sistemas menores serão reusáveis em ambientes de aprendizagem projetados para ensinar habilidades relacionadas. Esta idéia está sendo implementada baseada no modelo SCORM, cujas diferenças em relação à nossa abordagem foram pautadas acima.

A empresa BrainX (BrainX 2004) também está utilizando o termo “Objetos Inteligentes de Aprendizagem”. Porém, enquanto escrevíamos este artigo, não obtivemos informações sobre qual o contexto desta utilização.

6. Conclusões e trabalho futuros

Neste ponto, invocamos as idéias de Downes (2002): “Nós devemos parar de pensar nos objetos de aprendizagem como pedaços de conteúdo educacional e começar a pensar neles como pequenos programas de computadores. Isso significa dar a eles alguma funcionalidade, mais do que escrever calculadoras em Java ou animações interativas...”.

O modelo de Objetos Inteligentes de Aprendizagem objetiva justamente se inserir neste contexto definido por Downes. Os ILOs são capazes de aumentar a adaptabilidade e a interatividade dos ambientes de aprendizagem construídos com eles através da interação entre os próprios ILOs e entre os ILOs e os ambientes de aprendizagem em uma concepção de comunicação mais robusta do que uma simples invocação de métodos, como o paradigma de orientação a objetos usa.

Neste artigo apresentamos um tipo de arquitetura interna para a construção de ILOs. Estamos implementando alguns ILOs com esta arquitetura para que possamos avaliar na prática a sua eficiência. Sabemos que o tipo de arquitetura apresentada não é a única possível. Em trabalhos futuros, desenvolveremos novos tipos e avaliaremos cada um deles. Futuras intenções incluem trabalhos com coordenação e cooperação entre ILOs no sentido de aprimorar a abordagem de Objetos Inteligentes de Aprendizagem.

Embora este trabalho não minimize as dificuldades encontradas pelo especialista em conteúdo no momento de construir um objeto de aprendizagem, através da adoção de uma arquitetura orientada a agentes espera-se que os objetos de aprendizagem possam interagir de forma mais autônoma provendo uma maior adaptabilidade e interatividade aos ambientes de aprendizagem e incrementando a sua *reusabilidade*.

Esperamos dar importantes contribuições, refinando a eficácia da tecnologia de objetos de aprendizagem para a implementação de projetos de Educação a Distância enfatizando o uso de paradigmas de resolução cooperativa de problemas através de uma arquitetura multiagente.

Este trabalho conta com o apoio do CNPq, da CAPES e da FAPERGS.

7. Referencias

- ADL (2004) "Advanced Distributed Learning. Sharable Content Object Reference Model (SCORM®) 2004 Overview". Disponível por WWW em <<http://www.adlnet.org>>, Junho.
- ARIADNE (2004) "Alliance of remote instructional authoring & distribution networks for Europe". Disponível por WWW em <<http://ariadne.unil.ch>> Março.
- Bradshaw, J. M. (1997) "An introduction to software agents" In: Bradshaw, J. M. Ed. **Software Agents**. Massachusetts: MIT Press.
- BraiX (2004) "About BrainX". Disponível por WWW em <<http://www.brainx.com/about.htm>> Setembro.
- CanCore (2004) "Canadian Core About". Disponível por WWW em <<http://www.cancore.ca/about.html>> Maio.
- Command Technologies (2004) "Technology Application to Training". Disponível por WWW em <<http://www.comtechinc.com/productsandservices/scorm.htm>> Setembro.
- Downes, Stephen (2001) "Learning objects: resources for distance education worldwide. In: International Review of Research." In: Open and Distance Learning, 2(1).
- Downes, Stephen (2002) **Smart Learning Objects**, Maio.
- FIPA (2004) FIPA: The foundation for Intelligent Physical Agents. "Specifications". Disponível por WWW em <<http://www.fipa.org>>, Junho.
- FIPAOS (2004) FIPA-OS. "FIPA Open Source". Disponível por WWW em: <fipa-os.sourceforge.net> Maio.
- Gomes, Eduardo R.; Siveira, Ricardo A.; Vicari, Rosa M. (2003) "Utilização de agentes FIPA em ambientes para Ensino a Distância". In: XI Congresso Iberoamericano De Educação Superior Em Computação (CIESC), 2003, La Paz - Bolívia. 2003.
- IEEE (2004) IEEE Learning Technology Standards Committee. "Specifications". Disponível por WWW em: <<http://ltsc.ieee.org>>, Junho.
- IMS (2004) IMS Global Learning Consortium. "Current specifications". Disponível por WWW em: <<http://www.imsglobal.org/specifications.cfm>> Maio.
- Mohan, P.; Brooks, C. (2003) "Engineering a Future for Web-based Learning Objects." In: International Conference on Web Engineering, Oviedo, Asturias, Espanha.
- Silveira, R. A.; Gomes, E. R.; Vicari, R. M. (2003) "Modelagem de Ambientes de Aprendizagem baseado na Utilização de Agentes FIPA". Proceedings of Simpósio Brasileiro de Informática na Educação 2003, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
- Silveira, Ricardo A.; Gomes, Eduardo R.; Pinto, Vinicius; Vicari, Rosa M. (2004a) "Intelligent Learning Objects: an agent based approach of Learning Objects." **In:** International Conference on Intelligent Tutoring Systems 2004 (ITS 2004).
- Silveira, R. A.; Gomes, E. R.; Vicari, R. M.; (2004b) "Thinking in Learning Objects and Agents: The Intelligent Learning Object approach." **In:** Workshop on Distance Learning Environments for Digital Graphic Representation, in: International Conference on Intelligent Tutoring Systems 2004 (ITS 2004).
- Wooldridge, M.; Jennings, N. R.; Kinny, D. (1999) "A methodology for agent-oriented analysis and design". **In:** International Conference On Autonomous Agents, 3., 1999. Proceedings....