

Formação de Grupos no Ambiente AulaNet Utilizando Agentes de Software

Leonardo Magela Cunha¹, Hugo Fuks¹, Carlos José Pereira de Lucena¹

¹ Departamento de Informática – Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro (PUC-Rio)

R. Marquês de São Vicente, 225, Gávea – 22453-900 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{leocunha, hugo, lucena}@inf.puc-rio.br

Resumo: Atualmente a complexidade do trabalho e a disseminação das tecnologias da informação e comunicação valorizam e potencializam o trabalho em grupo. O apoio computacional fornecido para o trabalho em grupo, denominado *groupware*, baseia-se na pesquisa de *Computer Supported Cooperative Work*. O suporte aos trabalhadores deve ser fornecido tanto para a criação dos grupos de trabalho assim como para a sua dissolução, passando pelo apoio ao trabalho em grupo propriamente dito. Em Engenharia de Software a utilização de sistemas multi-agentes possibilita um nível de abstração mais adequado para o tratamento de problemas complexos e distribuídos. Um exemplo destes problemas é o caracterizado pelos ambientes de trabalho e aprendizagem em grupo na *Web*. Este trabalho apresenta o estudo e a forma como foi implementado um sistema multi-agentes para o auxílio à formação de grupos no ambiente AulaNet.

Palavras Chave: Formação de grupos, *Groupware*, Agentes de software, Educação a distância.

1. 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. A tecnologia de agentes se apresenta como uma estratégia promissora para ser aplicada aos desafios dos ambientes educacionais modernos que estão cada vez mais influenciados por tecnologias como Internet e Inteligência Artificial. Com o surgimento da Inteligência Artificial Distribuída [WEI 1999] vivenciou-se e vivencia-se um momento de fortalecimento dos conceitos de agentes de software e também se percebe um redirecionamento destes conceitos para a Engenharia de Software [JEN 2000]. 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 aprendizes quanto professores na tarefa de aprendizagem auxiliada por computador [ARO 1999].

Este trabalho visa apresentar como foi implementado um sistema multi-agentes para a formação de grupos de aprendizes em turmas de um curso no ambiente AulaNet. Apresentam-se conceitos sobre agentes de software e então se explica com base nestes conceitos porque utilizar agentes de software para formação de grupos. É também apresentado como foi feita a implementação da modelagem dos aprendizes e do SMA para formação de grupos. Por fim, alguns trabalhos relacionados são brevemente apresentados e comparados com o SMA implementado.

2. Agentes de Software

Para Jennings *et alli* [JEN 1998], agentes autônomos e sistemas multi-agentes representam uma nova forma de analisar, projetar e implementar software complexos. A abstração de agentes tem uma escala de aplicação ampla, que vai desde a criação de assistentes pessoais até sistemas para controle de tráfego aéreo, comércio eletrônico e suporte ao trabalho em grupo. Franklin e Graesser [FRA 1996] fornecem uma visão geral sobre a definição de agentes autônomos. Para eles, um agente autônomo é um sistema que sente e age no ambiente do qual faz parte, seguindo sua própria agenda e agindo de forma a atendê-la. Wooldridge

[WOO 1999] apresenta uma definição de agentes como sendo um sistema que está situado em um ambiente, e que é capaz de ações autônomas nesse ambiente para atingir os seus objetivos. Também é possível vê-lo afirmar que ainda não há uma concordância na definição de agentes entre os pesquisadores, mas que existem características importantes que definem um agente, sendo a mais aceita a de autonomia. Outros atributos variam de importância dependendo do domínio de aplicação dos agentes. O *Green Paper* [OMG 2000] do *Object Management Group* (OMG) apresenta uma lista extensa com várias das características que um agente de software pode apresentar.

Quando se adota uma visão orientada a agentes, a maioria dos sistemas não é passível de implementação através de um único agente, mas através de um conjunto deles, ou seja, um sistema multi-agentes (SMA). Muitas vezes porém um único agente pode ser suficiente como no caso de assistentes pessoais que não precisam interagir com outros agentes. Sistemas multi-agentes são ideais para representar problemas que têm múltiplos métodos de solução, múltiplas perspectivas e/ou múltiplas entidades que executam a sua resolução [JEN 1998]. Segundo Poslad *et alli* [POS 2000], em sistemas multi-agentes, serviços heterogêneos distribuídos são representados como agentes de software autônomos que interagem utilizando uma Linguagem de Comunicação de Agentes ou ACL, baseada na teoria de atos da fala. Para o OMG [OMG 2000], não se deve criar um agente que faça tudo, pois a possibilidade de enfrentar problemas de confiabilidade e eficiência é grande. Ao dividir as funcionalidades entre diversos agentes é possível conseguir modularidade, flexibilidade, manutenibilidade e extensibilidade. Também não se deve concentrar todo o conhecimento em um único agente, já que normalmente conhecimentos específicos estão distribuídos e quando necessários, basta integrá-los gerando uma visão mais ampla e atualizada.

2.1. Agentes para Formação de Grupos de Aprendizagem no Ambiente AulaNet

O AulaNet [LUC 1999] é um ambiente para ensino e aprendizagem na *Web*, cujo desenvolvimento vem se realizando desde junho de 1997 no Laboratório de Engenharia de Software do Departamento de Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). O ambiente se baseia nas relações de trabalho cooperativo que se manifestam nas interações dos aprendizes com seus docentes, com outros aprendizes e com os conteúdos

didáticos. O AulaNet difere dos outros ambientes de aplicação de cursos via Internet por utilizar uma abordagem *groupware*, ou seja, ele é também um sistema para suporte ao trabalho em grupo.

Para Aroyo e Kommers [ARO 1999], a aplicação de agentes no setor educacional se dá principalmente na forma de assistentes pessoais, guias para usuários, sistemas alternativos de ajuda, arquiteturas dinâmicas de sistemas distribuídos, mediadores humano-sistema entre outros. Com todas as mudanças que ocorrem no setor educacional, vê-se o surgimento cada vez maior de infraestruturas educacionais complexas e dinâmicas que precisam ser gerenciadas eficientemente e, ainda corroborando com isso, novos (tipos de) mecanismos e serviços educacionais precisam ser desenvolvidos e fornecidos. Em particular esses serviços precisam atender a uma série de requisitos, por exemplo, personalização, adaptação, suporte para mobilidade do usuário, suporte para usuários enquanto lidam com novas tecnologias, efetividade, suporte a informação entre outros. Agentes surgem para fornecer soluções para estes requisitos de um modo mais eficiente em comparação com outras tecnologias existentes.

Já para Lees e Ye [LEE 2001], a aplicação do paradigma de agentes a CSCW potencialmente pode: tornar a troca de informações mais fluida entre os participantes destes sistemas, fornecer suporte aos participantes (sistemas de suporte à decisão), auxiliar no controle de fluxos de processo e ainda fornecer interfaces para *groupware*. Estas idéias são também aplicáveis a outros domínios como é o caso da aprendizagem interativa em *Computer Supported Cooperative Learning*. O Ambiente AulaNet teve o seu desenvolvimento baseado em CSCW e possui uma gama de oportunidades pedagógicas variadas, representada por seus serviços. Destacam-se a seguir possíveis elementos do ambiente que se beneficiariam da aplicação do paradigma de sistemas multi-agentes:

Conteúdos do curso: conteúdos educacionais poderiam ser unidos dinamicamente através da utilização de agentes pedagógicos que determinassem as melhores seqüências de apresentação ou forma de exibição para os aprendizes baseados, por exemplo, nos perfis destes; Comunicação assíncrona: um maior intercâmbio entre os participantes de um curso poderia ser obtido pela utilização tanto de agentes pessoais para filtragem de mensagens [MAE 1994] quanto para a criação de estruturas de *link* para mensagens relacionadas aos interesses dos

participantes; Comunicação síncrona: a utilização de agentes pode auxiliar os docentes a mediar debates on-line [JAQ 2000] de forma a potencializar o aprendizado que ocorre nas trocas síncronas; Suporte ao trabalho em grupo: agentes de software podem ser utilizados para a formação [OLG 2000] e apoio ao trabalho de grupos, turmas ou mesmo cursos inteiros; Outras possibilidades são a utilização de agentes para a troca de conteúdos e a utilização de agentes em realidade virtual em cursos a distância. Conforme apresentado na lista acima, um ambiente de aprendizagem pode se tornar complexo o suficiente para instigar a utilização do paradigma de agentes. Com o desenvolvimento da tecnologia baseada em mobilidade, através da utilização de assistentes pessoais (PDAs) e telefones celulares, é apresentado também um novo desafio em relação à forma de acesso e apresentação de conteúdos educacionais.

Já a distribuição geográfica dos participantes, umas das mais difundidas vantagens dos ambientes de educação baseada na *Web*, só tem a ganhar com utilização do paradigma de agentes. Através da distribuição da computação pode ocorrer uma redução na demanda por recursos computacionais nos servidores e uma maior personalização nos clientes. Como configurar os diversos agentes pessoais ou do sistema para realizar todas estas tarefas, ou como configurar um curso para utilizar todos estes tipos de agentes são questões ainda em aberto e carentes de pesquisa.

A utilização de agentes para a formação de grupos dentro do AulaNet é a primeira tentativa de incorporação de sistemas multi-agentes ao ambiente. Apresentam-se a seguir justificativas para a utilização do paradigma orientado a agentes baseadas em algumas características definidas pelo OMG. Autonomia: a utilização do conceito de autonomia permite o encapsulamento dos interesses dos participantes de um curso; Interatividade: para que haja comunicação entre os agentes para o descobrimento de parceiros é necessário que eles utilizem um protocolo de comunicação, ou seja, é necessário que sejam interativos; Cooperação: os agentes dos aprendizes precisam cooperar, fornecendo e recebendo informações de quais seriam os melhores parceiros; Pró-atividade: a capacidade de agir com ou sem a necessidade de interferências de usuários pode ser utilizada para permitir que agentes sugiram a formação de grupos. Uma outra forma de aplicação de pró-atividade seria a percepção das necessidades específicas de um conjunto de aprendizes e a sugestão da formação de um grupo de trabalho; Mobilidade: a

mobilidade dos agentes possibilitaria a utilização de sistemas para formação de grupos entre diferentes servidores, o que é especialmente interessante em organizações dispersas geograficamente.

3. Formação de Grupos no AulaNet

Para projetar o SMA de apoio a formação de grupos se fez necessário modelar os aprendizes do ambiente AulaNet. São apresentadas a seguir algumas considerações sobre a modelagem destes aprendizes, a sua respectiva implementação no ambiente além de conceitos sobre como encontrar agentes que forneçam serviços ou informações desejadas por outros agentes. Logo após é descrito o SMA para a formação de grupos e alguns trabalhos relacionados com a aplicação de agentes em educação e a formação de grupos.

3. 1. Modelagem dos Aprendizes

Segundo Kay [KAY 2001], nos primeiros ambientes de ensino apoiados por computador, queriam se construir “professores” para transmitir o conhecimento para os aprendizes. Atualmente, estes ambientes estão mais voltados para a exploração por parte do aprendiz, projetando, construindo e usando sistemas adaptativos como ferramentas. Estes ambientes também estão sendo construídos para dar maior responsabilidade ao aprendiz em relação aos aspectos da aprendizagem, e especialmente sobre o controle do seu modelo, que é o aspecto central na adaptatividade das ferramentas. Para McCalla *et alli* [MCC 2000], modelos de aprendizes podem ter uma variedade de propósitos dependendo do tipo de conhecimento que se deseja armazenar e processar. Para eles, a computação de todos os (sub-)modelos dos aprendizes de um ambiente pode ser computacionalmente cara e nem sempre necessária. Para Kay [KAY 2001], há problemas em potencial do ponto de vista do aprendiz. Um deles é o aumento do poder de escolha e controle sobre o modelo. Isto pode aumentar a carga de trabalho do aprendiz ou mesmo se tornar uma distração. Neste caso, o aprendiz deve se aproveitar de momentos como o término de um curso ou disciplina para avaliar e refletir sobre sua participação e aprendizado.

Ao permitir que os aprendizes controlem seus modelos, ou parte deles, os projetistas do ambiente sujeitam-se a vários riscos. Se um aprendiz tem controle sobre o seu modelo, ele pode fornecer informações incorretas; pode utilizar o ambiente de

aprendizagem de forma escusa, intencional ou mesmo acidentalmente, reduzindo a efetividade do processo pedagógico; se for chamado a se auto-avaliar, ele pode subestimar ou superestimar o seu conhecimento. Pretende-se que futuramente os ambientes de aprendizagem levem em consideração todos estes aspectos. Uma das formas de se contornar o problema da incorretude dos dados fornecidos pelos aprendizes é armazenar que tipo de informação é fornecida pelos mesmos e que tipo é gerada pelo ambiente.

Para a implementação dos modelos dos aprendizes dentro do ambiente AulaNet optou-se pela utilização de uma especificação definida pelo *Instructional Management Systems Global Consortium* [IMS 2001] de definições reutilizáveis de competência (RCDs – *Reusable Competency Definitions*) [IMS 2001a]. Para uma revisão detalhada da utilização da modelagem de usuários e agentes recomenda-se o trabalho de Soltysiak e Crabtree [SOL 1998]. Na especificação do IMS, a palavra competência é usada de uma forma geral, incluindo significados como habilidade, conhecimento, tarefa e objetivo educacional (*learning outcome*). Percebeu-se então que o melhor sentido para a aplicação no ambiente era o de conhecimento. Possibilitando assim o registro de definições reutilizáveis de conhecimento e depois a criação de modelos dos aprendizes a partir destas definições.

Segundo o IMS, as definições reutilizáveis de competência fornecem um meio de criar um entendimento comum de competências que aparecem como parte de um plano de carreira, pré-requisitos de um curso ou objetivos educacionais. Elas podem ser usadas para intercâmbio entre ambientes de aprendizagem, sistemas de recursos humanos, repositórios de habilidades, competências ou conteúdo educacional entre outros. As definições reutilizáveis de competência foram criadas para intercâmbio entre máquinas, porém a informação que elas contêm atualmente é para o entendimento humano. Uma definição contém basicamente um identificador único e uma descrição não-estruturada textual.

Para possibilitar aos participantes do AulaNet a organização de seus modelos e a criação de grupos, associaram-se as definições reutilizáveis de competência aos cursos, aos conteúdos da turma (ConteudoTurma) e aos participantes conforme mostra a Figura 1. Cabe aos docentes (Coordenadores e Docentes Co-autores) de um curso, associarem um conjunto de RCDs ao seu

curso e/ou a atividades (ConteudoTurma) específicas. Por exemplo, um curso sobre banco de dados poderia estar associado às RCDs: Arquitetura de Banco de Dados, Modelos de Banco de Dados, Modelo Relacional, SQL entre outras. Aos participantes é permitido fornecer informações sobre o conjunto de RCDs do servidor ou de um curso específico. A informação que será fornecida pelo participante é uma nota ou conceito do quanto ele sabe ou se interessa pela RCD e também é possível inserir um comentário sobre a atribuição do conceito que ele está fazendo.

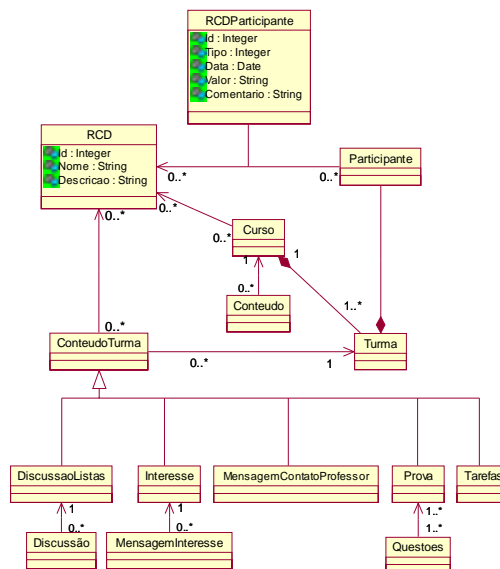


Figura 1 - Utilização de RCDs no AulaNet

Considerando a necessidade de diferenciar as informações do modelo do aprendiz geradas pelo ambiente e as fornecidas pelo aprendiz, optou-se por utilizar o atributo “Tipo” nos registros da tabela RCDParticipante. São três os aspectos, ou tipos de informação de uma RCD no AulaNet: Interesse, Qualificação e Competência. Interesse é a informação fornecida pelo aprendiz sobre o seu nível de interesse sobre uma determinada RCD. Qualificação é a informação também fornecida pelo aprendiz sobre a sua experiência com uma determinada RCD. E por fim, a competência é a informação gerada pelo ambiente através da avaliação pelos docentes de um aprendiz em uma determinada atividade associada a uma RCD.

A utilização da modelagem dos aprendizes dentro do ambiente AulaNet vêm ao encontro de uma das preocupações das organizações modernas, que é a gerência do conhecimento. Para Yiman e Kobsa

[YIM 2000], sistemas para encontrar pessoas com uma determinada expertise estão ganhando importância conforme as organizações começam a procurar novas formas de explorar o seu capital de conhecimento interno e melhorar a colaboração entre os empregados.

3.2. Matchmaking e Brokering

Um dos problemas no projeto de sistemas multi-agentes é a forma de descobrir quais agentes possuem uma informação ou habilidade específica. Muitos ambientes e especificações definem agentes que oferecem serviços de páginas brancas com um diretório de agentes e páginas amarelas com as funcionalidades oferecidas pelos agentes como é o caso do FIPA-OS [POS 2000] e SACI [HÜB 2001]. Algumas linguagens de comunicação de agentes como KQML também oferecem performativas especiais como *Recruit*, *Broker*, *Forward* para estes comportamentos [DEC 1996]. Para Ivezic *et alii* [IVE 2000], *matchmakers* e *brokers* funcionam como agentes intermediários entre agentes que fornecem algum tipo de serviço e agentes que necessitam destes serviços. Passa-se a descrever as interpretações dos processos de *matchmaking* e *brokering* encontradas em [DEC 1996].

O processo de *matchmaking* permite que um agente A conheça um outro agente B que atenda a um determinado objetivo, através de um *matchmaker* M. Ou o objetivo não pode ser alcançado por A ou A entende que o objetivo pode ser melhor alcançado por um outro agente. O objetivo pode ser tanto uma meta, uma informação ou um serviço. A partir do momento que o agente A, por intermédio de M, conhece o agente B eles podem negociar, por exemplo, para a contratação de um serviço. O processo de *brokering* envolve como um agente A com um objetivo vem a ter aquele objetivo executado por um outro agente B. B anuncia as suas capacidades como uma função das capacidades de outros agentes C. Do ponto de vista do agente A, não há diferença entre um *broker* e outros agentes C, a não ser pelo tempo de resposta e possivelmente o “preço” do serviço oferecido. Já os agentes C estão comprometidos com B para executar um conjunto de objetivos pré-definidos.

Para Foner [FON 1996], a utilização de uma arquitetura centralizada para *matchmaking* pode ser válida em casos onde, por exemplo, os agentes não têm como se descobrir e solicitam a uma “entidade” central uma solução para o seu problema. Porém há também as desvantagens deste tipo de arquitetura, por exemplo, a tolerância a falhas é pequena, uma

vez que se possui um ponto central onde podem ocorrer ataques ou mesmo incidentes. Outra desvantagem é o potencial gargalo computacional que pode surgir com o aumento do número de agentes. Ele afirma também que a utilização de algumas técnicas já aplicadas em outros sistemas em rede como a organização hierárquica de entidades (como no sistema de nomes de domínio e *newsgroups* na Internet) não reduz problemas como o gargalo computacional. Isto ocorre pela não existência de uma hierarquia padrão. Por exemplo, por que os interesses de um agente viriam antes de outro? Para propor uma solução para estes problemas, Foner utilizou algumas idéias de ecologia computacional. As idéias principais são:

Comparar as informações dos agentes descentralizadamente (*peer-to-peer*); Utilizar referências de um agente para outros e um algoritmo que lembra *hill-climbing* para encontrar outros parceiros para construir *clusters* ou *clumps* de agentes com interesses em comum e usar esses *clusters* de agentes com interesses em comum para apresentar seus usuários uns aos outros; Utilizar um agente persistente que esteja em execução por longos períodos e não um agente que o usuário inicie, obtenha um resultado e então seja desativado. Desta forma mais agentes poderiam ser consultados e clusters mais apropriados poderiam ser formados.

3.3. Um SMA para Formação de Grupos

O ambiente AulaNet foi re-projetado para a utilização de grupos dentro das turmas no serviço Tarefas [CUN 2002]. Além disso, tornou-se possível criar os grupos manualmente. Apresenta-se então um sistema multi-agentes que auxilia na criação dos grupos. Conforme apresentado na seção 2, um agente se encontra em um ambiente e interage neste ambiente. Em comparação ao conceito de ambiente, na ferramenta SACI há o conceito de sociedade, onde os agentes estão reunidos e podem comunicar através de uma linguagem de comunicação de agentes comum utilizando suas identidades. Uma identidade é um nome que identifica unicamente um agente dentro de sua sociedade [HÜB 2001]. Na ferramenta SACI, o ciclo de vida de um agente é descrito da seguinte forma. O agente entra para uma sociedade recebendo uma identificação. Nessa sociedade ele pode enviar ou receber mensagens de agentes da mesma sociedade, anunciar suas habilidades para a sociedade e por fim ele pode deixar a sociedade, perdendo assim a sua identidade.

A criação de grupos em uma turma está relacionada com a dinâmica do curso, ou seja, o responsável por criar grupos é o mediador da turma. O mediador solicita a um agente mediador (AgMediador) a criação de grupos em sua turma fornecendo as informações necessárias para tal, como a quantidade de grupos, quais a RCDs devem ser analisadas nos modelos dos aprendizes, qual o nível de diferença entre os aprendizes, se os aprendizes podem se repetir nos grupos entre outras informações. Para determinar se a manutenção de agentes representando os aprendizes em execução durante um longo período de tempo é viável ou não, seria necessária uma análise do número médio de participantes nos servidores AulaNet. Portanto optou-se por permitir que o AgMediador entre na sociedade da turma na qual foi solicitada a criação dos grupos e instancie um agente para formação de grupos (AgGrupos) que por sua vez instancia os agentes de todos os aprendizes (AgAprendiz).

Percebe-se que a formação de K grupos com n participantes atendendo a um determinado grau de diferença entre os modelos dos participantes é um problema NP-Completo. O problema *3-Dimensional matching* [GAR 1978] é um problema que pode ter tempo polinomial caso os elementos se repitam nos casamentos realizados, ou então, caso a dimensão seja menor do que 3. Porém, em nosso caso, é possível que tenhamos números de grupos maiores ou iguais a 3. Utilizamos então algumas táticas para contornar este problema, como a colaboração entre os agentes e uma estratégia gulosa, onde os agentes abandonam a colaboração após terem formado os seus grupos. Caso um tempo (*timeout*) para a formação dos grupos determinado pelo AgMediador tenha expirado, ele solicita que o AgGrupos e os AgAprendiz desistam da formação, parando de colaborar e saindo da sociedade. Cada AgAprendiz conhece o modelo de seu aprendiz. Este modelo é composto dos aspectos competência, interesse e qualificação do aprendiz nas RCDs. Ao solicitar a formação de um grupo o AgGrupos define quais aspectos do modelo devem ser considerados para a negociação entre os AgAprendiz.

Por exemplo, um mediador deseja que os aprendizes, independentemente das suas preferências, formem grupos onde todos possuem o mesmo conhecimento prévio sobre uma determinada RCD. Ele deve definir que os aspectos interesse e competência não sejam considerados na negociação e que o grau de diferença seja mínimo no aspecto competência. Outras combinações dos

aspectos podem ser criadas auxiliando o mediador a aplicar táticas distintas para a formação de grupos.

Para o modelo de colaboração entre os agentes aprendizes teve-se como inspiração o algoritmo para *matchmaking* encontrado em [FON 1996]. Assim cada AgAprendiz possui as seguintes estruturas de dados:

Cluster cache: é uma lista com os nomes de agentes conhecidos por este agente e que atendem ao critério para formação de grupos apresentado pelo AgMediador. Como se adotou o conceito de grau de diferença, esta estrutura pode se dividir em várias outras:

Ao solicitar a formação de um grupo, um mediador define quais aspectos (Aspx) de RCDs (RCDy) e qual o grau de diferença (GDz) deve ser considerado, representados pela tupla (RCDy, Aspx, GDz). Suponha então que um mediador estabeleça a seguinte meta para formação de grupos (SQL, Interesse, 1) e (Modelo Relacional, Competência, 2). E suponha que a turma tem três aprendizes Ap1, Ap2 e Ap3, conforme apresentado na Tabela 1.

RCD	SQL	Modelo Relacional
Aspecto	Interesse	Competência
Grau de Diferença	1	2
Ap1	2	4
Ap2	3	2
Ap3	4	4

Tabela 1 - Meta para formação de grupos

É possível perceber que Ap1 pode estar em uma *cluster cache* de Ap2, e também que Ap3 pode estar em uma *cluster cache* de Ap2, já que ambos, tanto Ap1 como Ap3 atendem ao grau de diferença estabelecido pelo mediador. Porém, Ap1 e Ap3 não podem estar na mesma *cluster cache* de Ap2. Conforme exemplificado, a *cluster cache* de um AgAprendiz pode ser formada através de várias táticas. Neste trabalho optou-se por tornar a *cluster cache* dos AgAprendiz como um ponto de flexibilização do sistema multi-agentes. Considerando uma meta com n tuplas, teríamos 2^n táticas para descobrir se um agente pertence a uma *cluster cache*. A partir do ponto de flexibilização, foram implementadas então dois tipos de *cluster cache*: *Cluster cache* positiva: são os nomes dos agentes dos aprendizes que possuem todos os valores das RCDs e aspectos no nível de diferença acima do AgAprendiz em questão; *Cluster cache* negativa: são os nomes dos agentes dos aprendizes que possuem todos os valores das RCDs e aspectos

no nível de diferença abaixo do AgAprendiz em questão;

Rumor cache: são os nomes dos agentes e as respectivas informações dos seus modelos que foram utilizadas para verificar o critério apresentado pelo AgGrupos dos últimos r agentes com quem esse agente se comunicou. Definiu-se arbitrariamente, neste trabalho, que o valor de r deve ser 5 (cinco), mais testes são necessários para verificar a adequação deste valor;

Pending-contact list: são os nomes de agentes ainda não contactados e a respectiva *cluster cache* a que eles se adequam. Os nomes dos agentes são descobertos através das referências de outros agentes contactados e a sua adequação às *cluster cache* é verificada através do processamento das *rumor cache* recebidas como referência.

Para iniciar a colaboração, os agentes dos aprendizes precisam descobrir pelo menos um outro agente que também atende aos critérios estabelecidos pelo AgGrupos. Isto pode ser conseguido solicitando os agentes que publicaram esta habilidade na sociedade. O AgAprendiz escolhe aleatoriamente um destes agentes e eles iniciam uma conversação. Dos requisitos passados pelo mediador, o tamanho do grupo é o que define o fim do algoritmo proposto. Como no nosso caso, os AgAprendiz são criados somente para formação dos grupos e não estão em execução durante um longo período de tempo, é necessário que se forneça um número esperado de membros por grupo. Essa quantidade será o limitador do tamanho das *cluster cache*. Na estratégia gulosa adotada, quando a *cluster cache* de um AgAprendiz atender ao tamanho solicitado pelo AgMediador, ele envia a sua sugestão de grupo. O AgMediador por sua vez, caso não tenha recebido a *cluster cache* de algum AgAprendiz então a solicita independente do tamanho da mesma, podendo formar grupos menores, mas ainda assim atendendo aos outros critérios estabelecidos.

Um dos questionamentos que surge da utilização de agentes de software é: a partir de que estes agentes podem aprender a partir da sua interação com os seus usuários ou com outros agentes? Da forma como o sistema foi projetado, não é possível aprender mais sobre a interação entre agentes a não ser que os agentes permaneçam em execução por mais tempo. Já sobre os aprendizes é possível aprender através das modificações que ocorrerem na sua competência a partir da utilização do ambiente. Por que os AgAprendiz colaboram? Não

seria melhor a criação de um agente central para *matchmaking*? Optou-se pela utilização de uma estrutura distribuída uma vez que, segundo Foner [FON 1996], para um número reduzido de agentes, os ganhos computacionais não são consideráveis em relação à estrutura central. Em turmas com poucos aprendizes, a estrutura centralizada talvez fosse mais eficiente, porém este trabalho visa futuras versões do ambiente AulaNet e portanto o suporte a formação de grupos inter-turmas ou inter-servidores.

Por exemplo, se um coordenador desejasse a criação de grupos para co-autoria de aprendiz, ele poderia solicitar aos mediadores de seu curso que lhe oferecessem os grupos ou aprendizes com características particulares em algumas RCDs. Esses grupos poderiam ser utilizados diretamente para serem atribuídos à atividade desejada. Ou, no caso dos aprendizes, os seus agentes poderiam ser solicitados a se moverem para a sociedade do coordenador e colaborarem para formação de grupos com membros de diferentes turmas. Além da possibilidade de criação de grupos inter-turmas uma dos propósitos do projeto AulaNet é a criação de federações de servidores, onde seria possível que os participantes e cursos possuíssem identificadores únicos, mas estivessem fisicamente em servidores distintos. Estas federações dariam apoio à mobilidade dos usuários além de ser um campo ainda mais fértil para a utilização de agentes devido à natureza distribuída da proposta.

3.4. Federação de Servidores AulaNet

Uma das necessidades já percebidas no projeto AulaNet é a de haver troca de conteúdos entre diferentes servidores de gerenciamento instrucional na Web, sejam eles servidores AulaNet ou não. Silva *et alli* [SIL 2001] propõem um *framework* para a interoperabilidade de conteúdos educacionais utilizando as especificações da IMS chamado ContentNet. Quando se fala de uma federação de servidores neste trabalho, pensa-se em um conjunto de servidores identificados unicamente, por exemplo pelo endereço IP do servidor, e que possam intercambiar informações sobre os aprendizes e suas interações em diversos cursos e não só conteúdos educacionais como no caso do ContentNet. Um curso, na federação de servidores é criado em um servidor e têm turmas neste e/ou em outros servidores. As interações dos aprendizes são armazenadas nos servidores das turmas. No servidor do curso, conteúdos relativos ao curso todo. Este servidor portanto deve ser capaz de atender a uma quantidade de acessos maior. A utilização de

servidores centralizadores de conteúdo de cursos desperta problemas como a necessidade de cópias de segurança (*backups*) mais eficientes, assim como a necessidade de mecanismos de verificação de acesso mais seguros. A falta de um modelo de negócios para o comércio e utilização de conteúdos educacionais também é um desafio a ser vencido. Esta, porém, é uma área de muito interesse atualmente e que será beneficiada pelo amadurecimento da área de comércio eletrônico e também pela utilização de padrões para intercâmbio entre sistemas de gerenciamento instrucional na Web.

Entre as vantagens que podem ser obtidas pela utilização das federações de servidores, podemos destacar que instituições interessadas em implantar soluções de educação a distância ou de gerência do conhecimento podem investir em servidores potentes para os conteúdos dos cursos e servidores com capacidade reduzida para o registro da interação dos aprendizes em suas respectivas turmas. Uma outra possibilidade que deve ser explorada é a de personalização dos conteúdos, a partir de um ponto central de acesso, estes conteúdos podem ser personalizados por agentes de software para utilização em diferentes servidores, e nestes servidores, os conteúdos poderiam ser novamente personalizados de acordos com os modelos dos usuários ou com os dispositivos que estão sendo usados para acessá-los. A partir da federação de servidores, a utilização de agentes de software para a formação de grupos ou mesmo para personalização de conteúdos destaca-se como uma solução apropriada. Em especial, para a formação de grupos, temos que o armazenamento centralizado das informações sobre os aprendizes pode sobrecarregar o servidor de curso enquanto que mantendo servidores de turmas o conhecimento permanece distribuído e ainda assim de fácil acesso aos agentes. Os agentes poderão se locomover e fornecer informações ou negociar com agentes de outros aprendizes para atingir metas estabelecidas, por exemplo, pelo coordenador do curso.

3.5. Trabalhos Relacionados

Percebe-se que com a popularização da Internet e do paradigma de agentes, como uma das soluções para problemas distribuídos, novas técnicas e abordagens vêm sendo aplicadas em educação à distância através da *World Wide Web*. Muitos dos trabalhos são experimentais ou protótipos. No trabalho de O’Riordan e Griffith [O’RI 1999] são apresentadas formas de aproveitar as possibilidades oferecidas pela WWW através da utilização de

agentes em um ambiente educacional. Destacamos a seguir trabalhos que representam o campo de aplicação deste artigo.

No trabalho de Olguín *et alli* [OLG 2000], percebe-se o desenvolvimento de uma arquitetura de agentes para o suporte à formação de grupos. Os grupos formados têm perfis bem definidos. Os grupos formados pelo sistema multi-agentes do AulaNet também possuem um perfil que é designado pelo mediador, porém como este perfil é derivado dos modelos dos aprendizes, ele pode se modificar durante o decorrer de um curso e o grupo pode ser reaproveitado em outras atividades além daquela para a qual ele foi criado. Ainda sobre o trabalho de Olguín *et alli*, nos perfis dos usuários são armazenadas informações sobre suas competências e habilidades em um conjunto de assuntos e também informações sobre a performance em atividades de grupo. Porém o aspecto interesse, utilizado no AulaNet, não é armazenado, apesar de no sistema citado a participação em um grupo depender da aprovação do usuário. No AulaNet essa dependência de aceitação por parte do usuário não está implementada, porém no futuro, o ambiente fornecerá suporte a grupos de estudo ou aprendizagem independente de uma atividade específica. Neste momento será necessário dotar também os aprendizes de uma forma de utilizar o SMA para a formação dos grupos e assim também será necessário permitir que os aprendizes aceitem ou não participar destes grupos.

O *Guardian Agent* [WHA 2001] prevê o suporte ao trabalho em grupo, através da monitorização das atividades realizadas pelos aprendizes. Apesar de possuir uma espécie de modelo dos aprendizes ele não está preocupado em como formar os grupos, mas o que se ressalta é a atribuição de papéis específicos aos membros do grupo de acordo com seus modelos. As habilidades de um aprendiz são obtidas a partir do questionamento pelos agentes aos aprendizes das “áreas de uma tarefa” que o aprendiz gosta, é bom, não gosta ou não é bom. Ou seja, temos aqui apenas informações binárias (gosta ou não, sabe ou não) fornecidas pelos aprendizes para o modelo.

O suporte ao trabalho em grupo é uma preocupação importante em ambientes para aprendizagem na Internet, como bem destaca Kojiri *et alli* [KOJ 2001]. Para eles, é preciso todo um apoio aos aprendizes e um gerenciamento da atividade para que estes se engajem, por exemplo, em discussões interativas sobre o processo de aprendizagem, e não permaneçam passivos. Com o suporte inicial à

utilização de grupos no AulaNet um próximo passo é fornecer este apoio mais específico aos grupos dentro das atividades. O MATHNET [[LAB 2000] e [COU 2000]] não se preocupa com a formação dos grupos, apesar de possuir um agente específico para a modelagem dos aprendizes. O intuito desta modelagem é a prestação de uma tutoria inteligente, mas também poderia ser utilizada para a formação dos grupos, auxiliando assim os professores que utilizam o SMA.

Os trabalhos relacionados mostram um panorama diversificado para a utilização de agentes para a formação e utilização de grupos. Além disso, também é possível perceber as diferenças na implementação utilizada no AulaNet e nos demais trabalhos e extrair daí lições que servem como estímulo para a realização de trabalhos futuros no ambiente.

4. Considerações Finais

Conforme destacado por Dertouzos [DER 2001], tanto o trabalho em grupo como a educação são importantes na nova era em que a computação está voltada para os humanos (*human-centered computing*). Este trabalho se insere nestes dois campos fornecendo uma perspectiva tecnológica para a formação de grupos de trabalho. Esta perspectiva é representada pela tecnologia de CSCW incrementada com a utilização de agentes de software. A utilização dos grupos de trabalho dentro do ambiente AulaNet fornece uma visão realista das necessidades dos aprendizes e professores e colabora para uma pesquisa contextualizada. Além disso, a preocupação em utilizar padrões IMS e a abordagem *groupware* que é adotada no sistema possibilita uma fácil correspondência entre o mundo educacional e o mercado de trabalho. A utilização do AulaNet como uma ferramenta para o suporte ao trabalho já vem sendo pesquisada e é promissora. A correspondência de um curso com um projeto, de uma turma com uma equipe, de um grupo de aprendizagem com um grupo de trabalho é uma visão estimulante neste processo de pesquisa.

Pela literatura pesquisada, acredita-se que a utilização de agentes pode favorecer vários aspectos psico-pedagógicos em educação baseada na *Web*. 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 colaborativa. Quando os grupos formados apresentam um alto nível de heterogeneidade, a atitude e prática interdisciplinares também podem ser beneficiadas.

Da mesma forma que estes aspectos são influenciados é necessário ressaltar que habilidades profissionais podem ser desenvolvidas e influenciadas através do trabalho em grupo como as capacidades de se automonitorar, de ouvir, de apresentar idéias e de persuadir entre outras.

5. Referências

- [ARO 1999] AROYO, L., KOMMERS, P. Preface - Intelligent Agents for Educational Computer-Aided Systems. *Journal of Interactive Learning Research*, v. 10, n. 3/4, p. 235-242, 1999.
- [COU 2000] COUTINHO L. R., LABIDI S., SERRA G., TEIXEIRA G. A Learner Modelling Agent for Cooperative Learning. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Maceió, Alagoas, Brazil: 2000. p. 17-23.
- [CUN 2002] CUNHA, L. M. Formação de Grupos de Trabalho Utilizando Agentes de Software. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2002.
- [DEC 1996] DECKER K., WILLIAMSON M., SYCARA K. Matchmaking and Brokering. In: *The Second International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-96)*, Kyoto, Japan: December 1996.
- [DER 2001] DERTOUZOS, M. L. *Unfinished revolution: human-centered computers and what they can do for us*. New York: HarperCollins Publishers, Inc., 2001.
- [FON 1996] FONER, L. A Multi-Agent Referral System for Matchmaking. In: *The First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM 96)*, London: 1996. p. 245-262.
- [FRA 1996] FRANKLIN, S., GRAESSER, A. Is it an agent, or just a program?: A taxonomy for autonomous agents. In: *ECAI'96 Workshop on Agents Theories, Architectures, and Languages: Intelligent Agents III*, Berlin: Springer, 1996. p. 21-36.
- [GAR 1978] GAREY, M., JOHNSON, D. *Computers and Intractability – A Guide to the Theory of NP-Completeness*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 1978.
- [HÜB 2001] HÜBNER, J. F., SICHMAN, J. S. *SACI Programming Guide*. Version 0.8. July, 2001. Universidade de São Paulo.
- [IMS 2001] *Instructional Management Systems Global Consortium, Inc.* [online] [citado em 03 de julho de 2001] Disponível na *World Wide Web* em <URL: <http://www.imsproject.org>>.
- [IMS 2001a] *Instructional Management Systems Global Consortium, Inc.* [online] [citado em 03 de

- julho de 2001]. . IMS Reusable Competency Definition Specification. Version .01, approved by the IMS Technical Board in February 2000. Disponível na *World Wide Web* em <URL: <http://www.imsproject.org/rcd/index.html>>.
- [IVE 2000] IVEZIC, N., BARBACCI, M., LIBES, D., POTOK, T., ROBERT, J. An Architecture Analysis of Agent-based Systems. In: Workshop Proceedings of ESAW'00. Engineering Societies in the Agents' World. August, 2000.
- [JAQ 2000] JAQUES, P. A., ANDRADE, A. F., MORAES, M. C., MÓRA, M. C. Uma Arquitetura de Agentes para a Análise Qualitativa da Interação em Ambientes de Educação à Distância. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió-Al: 2000. p. 282-289.
- [JEN 1998] JENNINGS, N., SYCARA, K., WOOLDRIDGE, M. A Roadmap of Agent Research and Development. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Boston, n. 1, p. 7-38, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [JEN 2000] JENNINGS, N. and WOOLDRIDGE, M. Agent-Oriented Software Engineering. In: BRADSHAW, J. (ed.), *Handbook of Agent Technology*, AAAI/MIT Press, 2000.
- [KAY 2001] KAY, J. Learner Control. User modelling and User Adapted Interaction, Netherlands, n. 11, p. 111-127, Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [KOJ 2001] KOJIRI, T., OGAWA, Y., WATANABE, T. Agent-oriented Support Environment in Web-based Collaborative Learning. *Journal of Universal Computer Science*, v. 7, n. 3, p. 226-239, 2001.
- [LAB 2000] LABIDI, S., SILVA, J. C., COUTINHO, L. R., COSTA, N. S., COSTA, E. B. Agent Based Architecture for Cooperative Learning Environment. . In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió-Al: 2000. p.32-39.
- [LEE 2001] LEES, B., YE, Y. Preface of the Proceedings of ASCW01 – Workshop of Agent-Supported Cooperative Work. In: *The Fifth International Conference on Autonomous Agents*. Montreal, CA: 2001.
- [LUC 1999] LUCENA, C. J. P., FUKS, H., MILIDIÚ, R., LAUFER, C., BLOIS, M., CHOREN, R., TORRES, V., DAFLON, L. AulaNet: Helping Teachers to Do Their Homework. In: *Multimedia Computer Techniques in Engineering Education Workshop*. Graz, Austria: Technische Universitat Graz, 1999.
- [MAE 1994] MAES, P. Agents that Reduce Work and Information Overload. *Communications of the ACM*, v. 37, n. 7, p. 31-40. 1994.
- [MCC 2000] MCCALLA, G., VASSILEVA, J., GREER, J., BULL, S. Active Learner Modelling. In: GAUTIER, FRASSON & VANLEHN (Ed.). *Proceedings of ITS'2000*, Springer LNCS 1839, 2000, p. 53-62.
- [O'RI 1999] O'RIORDAN, C., GRIFFITH, J. A Multi-Agent System for Intelligent Online Education. *Journal of Interactive Learning Research*, v. 10, n. 3/4, p. 263-274, 1999.
- [OLG 2000] OLGUÍN, C. J. M., DELGADO, A. L. N., BOTERO, S. W., RICARTE, I. L. M. O Uso de Agentes em Ambientes de Aprendizagem Colaborativos. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió-Al: 2000*. p. 236-247.
- [OMG 2000] OBJECT MANAGEMENT GROUP. *Agent Technology – Green Paper*. Version 1.0, 2000, Object Management Group.
- [POS 2000] POSLAD, S., BUCKLE, P., HADINGHAM, R. The FIPA-OS Agent Platform: Open Source for Open Standards. In: *International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology - PAAM 2000*. Manchester, UK: 2000. p. 355-368.
- [SIL 2001] SILVA, V., LUCENA, C. J. P., FUKS, H. ContentNet: A Framework for the Interoperability of Educational Content Using Standard IMS. *Computers & Education Journal*, v. 37, n. 3/4, Elsevier Science Press, p. 273-295, 2001.
- [SOL 1998] SOLTYSIAK, S., CRABTREE, B. Knowing Me, Knowing You: Practical Issues in the Personalisation of Agent Technology. In: *International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology - PAAM'98*. London: 1998. p. 467-484.
- [WEI 1999] WEISS, G. *Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- [WHA 2001] WHATLEY, J., BEER, M., STANIFORD, G. Facilitation of Online Student Group Project with a Support Agent. In: *Workshop of Agent-Supported Cooperative Work, Autonomous Agents 2001*. Montreal, CA: 2001. p. 19-23.
- [WOO 1999] WOOLDRIDGE, M. Intelligent agents. In: WEISS, G. (Ed) *Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999. p. 27-77.
- [YIM 2000] YIMAM, D. S., KOBASA, A. DEMOIR: A Hybrid Architecture for Expertise Modeling and Recommender Systems. In: *The IEEE 9th International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises*. Gaithersburg, MD: 2000.