



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em
Computação Aplicada

Mestrado Acadêmico

Solon Andrade Rabello Junior

CoolEdu:
Um Modelo MultiAgente para Colaboração
em Ambientes Descentralizados
de Educação Ubíqua

São Leopoldo, Fevereiro de 2010

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA INTERDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM COMPUTAÇÃO APLICADA – PIPCA

SOLON ANDRADE RABELLO JUNIOR

**CoolEdu:
Um Modelo Multiagente para Colaboração
em Ambientes Descentralizados
de Educação Ubíqua**

**Dissertação de mestrado submetida à avaliação
como requisito parcial para obtenção do grau
de Mestre em Computação Aplicada**

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Victoria Barbosa

São Leopoldo, Fevereiro de 2010

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Motivação	12
1.2	Problema.....	14
1.3	Objetivos.....	16
1.4	Organização da Dissertação.....	17
2	CONCEITUAÇÃO.....	18
2.1	Ambientes de Educação Ubíqua.....	18
2.1.1	Aspectos Técnicos	18
2.1.2	Aspectos Pedagógicos	19
2.2	Conceitos Sócio-Interacionistas de Vygotsky.....	20
2.2.1	O Processo de Mediação.....	21
2.2.2	O Processo de Internalização.....	22
2.2.3	Zona de Desenvolvimento Proximal	23
2.2.4	Modelos Computacionais	24
2.3	Agentes e Sistemas Multiagentes	25
3	TRABALHOS RELACIONADOS	28
3.1	<i>Framework</i> para Interação Social proposto por Zhang.....	28
3.2	Ambiente de Aprendizagem Colaborativa Ponto-a-Ponto	30
3.3	GlobalEdu.....	32
3.4	Japelas.....	34
3.5	Comparativo entre os Trabalhos.....	35
4	COOLEDU	40
4.1	Requisitos do Ambiente	40
4.1.1	Serviços de Objetos de Aprendizagem.....	42
4.1.2	Serviços de Contextos	43
4.1.3	Serviços de Conectividade.....	44
4.1.4	Serviços de Comunicação.....	44
4.2	Arquitetura do CoolEdu	45
4.2.1	Agente Coletor.....	45
4.2.2	Agente Interface	49

4.2.3	Agente Social.....	50
4.3	Modelagem Multiagentes	54
4.3.1	Objetivos.....	55
4.3.2	Cenários e Papéis (<i>Rules</i>)	55
4.3.3	Agentes	57
5	ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO	64
5.1	Aspectos de Implementação	64
5.1.1	Protótipo	65
5.1.2	Simulador	69
5.2	Aspectos de Avaliação.....	72
5.2.1	Integração do CoolEdu em um Ambiente de Educação Ubíqua	73
5.2.2	Simulação de Cenário de Uso.....	77
5.2.3	Avaliação com Voluntários	81
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6.1	Contribuições do trabalho.....	85
6.2	Trabalhos futuros	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação indivíduo-mediador-ação.	21
Figura 2 – Exemplo de relação indivíduo-mediador-ação.....	22
Figura 3 – Modelo de aprendizagem ubíqua proposto por Zhang (2005).	29
Figura 4 – Encontro, Comunicação e Colaboração (JIN, 2003).....	30
Figura 5 – Requisitos do Ambiente.	42
Figura 6 – Arquitetura do CoolEdu.	45
Figura 7 – Objetivos do Sistema.	55
Figura 8 – Agentes e Papéis.	56
Figura 9 – Relacionamento entre papéis e objetivos.	57
Figura 10 – <i>Overview</i> do CoolEdu.	58
Figura 11 – Agente Social.	59
Figura 12 – Protocolo de comunicação de sugestão de interação.	60
Figura 13 – Protocolo de comunicação da atualização de perfil.	60
Figura 14 – Agente Coletor.	61
Figura 15 – Protocolo de comunicação de aquisição de novo perfil.	62
Figura 16 – Agente Interface.	62
Figura 17 – Protocolo de comunicação da envio de mensagem ao aprendiz.	63
Figura 18 – Diagrama das interfaces <i>Agent</i> e <i>Listener</i> , e classe <i>AgentCoolEdu</i>	66
Figura 19 – Diagrama da classe <i>AgentColetor</i>	66
Figura 20 – Diagrama da classe <i>AgentColetor</i>	67
Figura 21 – Diagrama da classe <i>AgentInterface</i>	68
Figura 22 – Diagrama resumido das classes <i>ACLMessage</i> e <i>ACLContentMessage</i>	69
Figura 23 – <i>Screenshots</i> da página para coleta de perfis.	69
Figura 24 – <i>Screenshot</i> da página para avaliação da sugestão de pares	70
Figura 25 – Estrutura do simulador do CoolEdu.....	70
Figura 26 – Saída do simulador de sugestão de pares para colaboração do CoolEdu.....	72
Figura 27 – Estrutura do Global	74
Figura 38 - Adaptação dos agentes à infra-estrutura Global	75

Figura 29 – Restritores Após Integração	76
Figura 30 – Perfis de usuário do Global após Integração.....	77
Figura 31 – Gráficos comparativos entre índices do sistema, não analisando aspectos psicológicos, e avaliações dos usuários.....	82
Figura 32 – Gráficos comparativos entre índices do sistema, analisando aspectos psicológicos, e avaliações dos usuários.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo entre sistemas de educação ubíqua	36
Tabela 2 – Parâmetros de uma mensagem no padrão FIPA	41
Tabela 3 – Padrão dos objetos de aprendizagem	43
Tabela 4 – Modelo perfil de aprendiz adotado no CoolEdu.....	47
Tabela 5 – Detalhamento da simulação do caso de uso	79
Tabela 6 – Comparativo entre o CoolEdu e demais trabalhos relacionados estudados	85

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

PC	<i>Personal Computer</i>
WCDMA	<i>Web Code Division Multiple Access</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
FIPA	<i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>
PAPI	<i>Public and Private Information for Learners</i>
LIP	<i>Learner Information Package</i>
NDR	Nível de Desenvolvimento Real
NDP	Nível de Desenvolvimento Potencial
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal
AUML	<i>Agent Unified Modeling Language</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
MASE	<i>Multiagent Systems Engineering</i>
BDI	<i>Belief Desire Intention</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
P2P	<i>Peer to Peer</i>
SIG	<i>Special Interest Group</i>
LOCAL	<i>Local and Context Aware in Learning</i>
AP	Agente Pedagógico
ME	Módulos Educacionais
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
IR	<i>Infra-Red</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
LOM	<i>Learning Object Metadata</i>
SVN	<i>SubVersion</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PHP	<i>PHP: Hypertext Preprocessor</i>

HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
J2ME	<i>Java 2 - Micro Edition</i>
MIDP	<i>The Mobile Information Device Profile</i>
CLDC	<i>Connected Limited Device Configuration</i>
ODBM	<i>Object-oriented embedded DataBase Management system</i>
OA	Objetos de Aprendizagem

RESUMO

O uso crescente de dispositivos móveis e a ampla difusão de redes sem fio vêm estimulando as pesquisas relacionadas com computação móvel e ubíqua. Neste contexto, a educação vem sendo considerada uma das principais áreas de aplicação. O acompanhamento da mobilidade do aprendiz, através de sistemas de localização e o suporte à ciência de contexto, possibilitam a descoberta de novas oportunidades educacionais. Atualmente existem diversas propostas para a organização de ambientes de educação ubíqua, embora a maioria utilize uma arquitetura centralizada. Essa abordagem, apesar de trazer benefícios como a facilidade de acesso aos dados dos aprendizes, tem desvantagens intrínsecas ao seu modelo, como a preocupação com a escalabilidade e a separação física entre o aprendiz e os seus dados de perfil. Como alternativa às abordagens centralizadas, este trabalho propõe um modelo de colaboração para ambientes descentralizados, que, baseado no modelo sócio-interacionista e na abordagem de agentes, auxilia no processo de aprendizagem através do estímulo à interação entre os aprendizes. Esse estímulo é guiado pelo conceito de “par mais capaz” criado por Vygotsky.

ABSTRACT

The recent use of mobile devices and the widespread adoption of wireless computer networks have stimulated mobile and ubiquitous computing research. In this context, education is being considered one of the main application areas. The ability to accurately track the learner's position through a location system and the context awareness support allow the discovery of new pedagogical opportunities. Nowadays, there are several approaches to the organization of ubiquitous computing environments, even if the majority of them employ a centralized architecture. This approach brings some benefits, like easing the access to the learner profiles, but it also has some disadvantages intrinsic to the model, like scalability concerns and the physical separation between the learners and their profile data. This work proposes a collaboration model created for decentralized environments, capable of improving the learning process through the stimulus to the interaction between learners. This approach is modeled using agents, employing on a socio-interactionist model based on the "most capable pair" concept first introduced by Vygostky.

1 INTRODUÇÃO

A proliferação de dispositivos eletrônicos portáteis (por exemplo, telefones celulares, *handhelds* (HANDHELDS, 2010), *tablets PCs* (HP TABLET PC, 2010) e *notebooks*) e as novas tecnologias de interconexão baseadas em comunicação sem fio (por exemplo, *wifi* (LEHR e MCKNIGHT, 2003), *Bluetooth* (BLUETOOTH, 2010), 3G (NETCOMM, 2010), 4G (SUK e KAI, 2003) têm impulsionado os estudos sobre mobilidade em sistemas distribuídos. Este novo paradigma distribuído e móvel é denominado Computação Móvel (FORMAN e ZAHORJAN, 1994). Tendo em vista a crescente difusão dos dispositivos móveis e da comunicação sem fio (*wireless*) torna-se possível disponibilizar serviços computacionais em contextos específicos (Computação Baseada em Contextos (YAMIN, 2003)). Os estudos sobre Adaptação (AUGUSTIN, 2004) trouxeram a possibilidade de suporte computacional contínuo, a qualquer momento e em qualquer lugar (Computação Ubíqua (SATYANARAYANAN, 2001; WEISER, 1993)). Do mesmo modo, os sistemas de localização (HIGHTOWER, 2006) (por exemplo, GPS (*global positioning system*) (HOFMANN, 2001) e triangulação de antenas *wifi* (LIM, 2007)) viabilizaram o uso preciso desse tipo de computação de acordo com a posição física do usuário.

A educação, assim como outras áreas de conhecimento, usufrui dessas novas tecnologias para melhorar suas práticas e abordagens. A aplicação dessas tecnologias no aperfeiçoamento das estratégias de educação ocasionou o surgimento de uma frente de pesquisa denominada educação ubíqua (*Ubiquitous Learning* (BARBOSA, 2006a; BARBOSA, 2006b; BARBOSA, 2008a; OGATA e YANO, 2004)).

1.1 Motivação

Há algumas décadas atrás, alguns modelos de educação eram baseados no método Fordista (BELLONI, 2001). Esses modelos tinham um objetivo definido, que era preparar e educar os jovens de uma maneira rápida e barata. Pode-se comparar esse método de ensino ao processo de produção de uma fábrica, onde os produtos são produzidos em série, com o objetivo de mitigar custos e diminuir o tempo de produção. Entretanto, quando esse modelo é aplicado à educação, percebe-se que são deixadas lacunas na aprendizagem. As pessoas que recebiam essa educação em massa, apesar de serem capazes de operar máquinas e realizar tarefas simples que lhes fossem passadas, não estavam preparadas a pensar por si próprias, criar ou questionar as ordens recebidas (VALENTE, 2002).

Em suma, esse modelo de educação em massa foi fundamental para a educação chegar a mais segmentos da sociedade, democratizando a educação (VALENTE, 2002). No entanto, atualmente esse modelo tem se mostrado ineficiente, pois o mercado atual necessita de profissionais capazes de racionar e agir por conta própria e tomar decisões.

De modo a atender essas necessidades, surgiram, no decorrer da história, novos paradigmas educacionais, cada qual adequado aos objetivos e às ferramentas disponíveis em seu tempo. Atualmente, com as novas tecnologias de computação, duas abordagens de educação, que utilizam dispositivos eletrônicos, têm se destacado (BELLONI, 2001):

- na primeira delas, o computador é usado como um transmissor da informação para o aluno. Desse modo, o computador assume o papel de item de ensino, e a abordagem pedagógica é a instrução transmitida por ele. Essa abordagem tem suas raízes nos métodos tradicionais de ensino (BELLONI, 2001), porém, em vez da folha ou do livro, é usado o computador. Os softwares que implementam essa abordagem são as apostilas e os de exercício-prática;
- na segunda abordagem, o aluno usa o computador para construir o seu conhecimento, e o computador passa a ser uma máquina como meio para o ensino, propiciando condições para o aluno resolver problemas, refletir sobre os resultados obtidos e depurar suas idéias por intermédio da busca de novos conteúdos e novas estratégias. Nesse caso, os softwares utilizados podem ser os softwares abertos de uso geral, como as linguagens de programação, sistemas de autoria de multimídia, ou aplicativos como processadores de texto, *chats* e fóruns para interação entre os aprendizes. Em todos esses casos, o aluno usa o computador para resolver problemas ou realizar tarefas como desenhar, escrever, calcular ou discutir. A construção do conhecimento advém do fato de o aluno ter de buscar novos conteúdos e estratégias, através da internet ou de outros aprendizes, para incrementar o nível de conhecimento que já dispõe sobre o assunto que está sendo tratado via computador.

Em um ambiente de educação ubíqua (BARBOSA, 2006a; BARBOSA, 2006b; BARBOSA, 2008a; OGATA e YANO, 2004), o computador não pode ser somente um transmissor do conhecimento, mas sim uma peça ativa no processo de construção do conhecimento do aprendiz. A educação se torna ubíqua quando não se restringe a horários ou espaços físicos, apresentando-se onipresente (BARBOSA, 2008a; OGATA e YANO, 2004). Essa característica abre uma nova gama de possibilidades para ambientes educacionais, alterando o tradicional paradigma, onde a aprendizagem ocorre em um lugar definido em uma

hora definida, com o computador sendo usado somente para transmitir a informação, para uma educação onde a aprendizagem ocorre interligada ao cotidiano do aprendiz e o conhecimento é construído pelo intermédio do computador.

Ambientes de educação ubíqua, tais como Japelas (OGATA e YANO, 2004), GlobalEdu (BARBOSA, 2005) e LOCAL (*Location and Context Aware Learning*) (BARBOSA, 2006a; BARBOSA, 2008a), põem em prática esse conceito de educação, possibilitando que a aprendizagem ocorra de forma móvel e adaptada ao contexto onde o aprendiz está no momento.

Ambientes educacionais, como os mencionados acima, estão cada vez mais se tornando fontes de pesquisa e a cada dia esse novo paradigma educacional se aproxima da realidade das nossas escolas e universidades.

1.2 Problema

Satyanarayanan (2001) foi o criador do termo computação pervasiva em 2001. De acordo com ele, a computação pervasiva, termo nesse trabalho adotado como sinônimo da computação ubíqua, é uma evolução da computação móvel (BARBOSA, 2006b). A computação móvel, por sua vez, é a evolução da computação distribuída (SLOMAN e KRAMER, 1987). Satyanarayanan defende que, para um sistema ser considerado pervasivo, ele deve atender características como invisibilidade, escalabilidade, adaptação, disponibilidade, tolerância a falhas, entre outras.

Sistemas de educação ubíqua derivam da união de duas áreas de conhecimento, a educação e a computação ubíqua. Sendo assim, esses sistemas herdam as características e as propriedades da computação ubíqua. Essa situação pode ser vista na forma como os ambientes de educação ubíqua buscam ser transparentes ao aprendiz e adaptáveis ao contexto onde o usuário está inserido. Ambientes como o GlobalEdu (BARBOSA, 2005) e o LOCAL (*Location and Context Aware Learning*) (BARBOSA, 2006a; BARBOSA, 2008a) são exemplos de ambientes de educação ubíqua que almejam tais características definidas por Satyanarayanan para ambientes pervasivos.

A maioria dos ambientes existentes de educação ubíqua adota a abordagem centralizada, ou seja, utilizam servidores para gerenciar as informações dos aprendizes e do contexto, tais como as informações de localização e de perfis. Nessa abordagem centralizada, a parte do ambiente responsável pela análise dos dados dos aprendizes e busca por

oportunidades pedagógicas, foco desse trabalho, também é executada em servidores e, dessa forma, possui acesso direto aos dados dos aprendizes.

Ambientes ubíquos centralizados apresentam certas vantagens quando comparados com ambientes ubíquos descentralizados, como, por exemplo, a facilidade de gerenciamento dos dados dos usuários e a capacidade de processamento dos servidores em comparação aos dispositivos móveis. Por outro lado, a adoção de uma arquitetura centralizada agrega ao ambiente educacional uma série de limitações intrínsecas à arquitetura, sendo elas:

- a necessidade de uma infra-estrutura de acesso aos servidores (MILOJICIC, 2002), limitando as localidades onde é possível usufruir do ambiente ubíquo;
- a necessidade de aumento da infra-estrutura para garantir a escalabilidade (MILOJICIC, 2002; NEUMAN, 1994), pois na arquitetura centralizada os dados dos aprendizes ficam sob custódia de poucas máquinas, e, inclusive, o processamento utilizado para análise dos dados é de responsabilidade dos servidores;
- a necessidade de soluções para garantir a tolerância à falhas em servidores, pontos críticos do sistema.

Com base nessa análise, percebe-se que ambientes ubíquos centralizados não se adequam, *a priori*, a duas das características previamente definidas por Satyanarayanan como essenciais em um ambiente ubíquo:

- Escalabilidade: em arquiteturas centralizadas, o processamento e o armazenamento são limitados a poucas máquinas, caracterizando assim um ponto no sistema onde a procura por recursos pode ultrapassar a oferta. Apesar da possibilidade de evitar este cenário utilizando-se de soluções amplamente conhecidas no meio acadêmico (MILOJICIC, 2002; NEUMAN, 1994), essas soluções implicam em custo, tanto em equipamentos quanto em manutenção;
- Disponibilidade: em arquiteturas centralizadas, qualquer problema de conexão entre os dispositivos e os servidores, seja por problemas de hardware ou por falta de cobertura da infra-estrutura de rede, resulta em indisponibilidade do serviço.

Como alternativa a tais limitações, existem os ambientes ubíquos descentralizados (YANG, 2006). Esses ambientes são baseados em redes móveis *ad hoc*, que são redes onde os dispositivos móveis são capazes de trocar informações diretamente entre si sem a necessidade de uma infra-estrutura de comunicação. Além disso, nesses ambientes os

dados dos aprendizes são armazenados nos dispositivos móveis e análises sobre esses dados ocorrem também nos próprios dispositivos móveis. Dessa forma, devido ao alcance limitado das redes *ad hoc* dos dispositivos móveis, é mitigado o problema de escalabilidade do sistema, possibilitando que este seja utilizado por um número arbitrariamente grande de aprendizes ao mesmo tempo, em espaços físicos distintos.

Com base nas características previamente exploradas, percebe-se a necessidade de um modelo descentralizado de análise, capaz de analisar os dados dos aprendizes de forma fragmentada e, através da interação com outros dispositivos, auxiliar na educação do aprendiz.

Com base nessa análise, a questão de pesquisa que este trabalho busca responder é: “É possível fomentar a colaboração entre os aprendizes, com o intuito de auxiliar na educação de uma forma realmente ubíqua, utilizando para isso um ambiente descentralizado?”.

1.3 Objetivos

Esse trabalho tem por objetivo propor um modelo para colaboração em ambientes descentralizados de educação ubíqua, capaz de auxiliar nos processos educacionais a qualquer momento e em qualquer lugar. Esse modelo será chamado CoolEdu.

CoolEdu terá como base um ambiente descentralizado de educação ubíqua e auxiliará no processo de ensino e aprendizagem através do fomento à colaboração entre os aprendizes de forma contínua. O CoolEdu tem por premissa auxiliar no processo de aprendizagem seguindo as características definidas por Satyanarayanan (2001) sobre ambientes ubíquos. Duas dessas características terão atenção especial no modelo proposto. Essas características são: escalabilidade e disponibilidade.

Para tanto, pode-se definir como objetivos específicos:

- definir as análises que serão realizadas pelo modelo proposto na busca por oportunidades pedagógicas;
- definir o modelo de perfil que será utilizado para representar os aprendizes dentro do ambiente de educação ubíqua;
- criar a arquitetura do modelo e implementar um protótipo;
- integrar o modelo de colaboração proposto a um ambiente descentralizado de educação ubíqua;
- avaliar o ambiente através de casos de uso e testes com usuários, enfocando os aspectos de funcionalidade e usabilidade.

Tendo em vista os objetivos do trabalho, não fazem parte do escopo dessa dissertação:

- avaliar a capacidade de modelos pedagógicos aplicados em ambientes de educação ubíqua;
- implementar um ambiente descentralizado de educação ubíqua.

1.4 Organização da Dissertação

A dissertação possui a seguinte organização: o capítulo dois aborda, de forma resumida, os conceitos inerentes ao trabalho, como educação ubíqua, conceitos de Vygotsky e agentes. O capítulo três apresenta os trabalhos relacionados, fazendo um comparativo entre esses trabalhos e identificando possíveis pontos de melhoria. Por sua vez, o capítulo quatro descreve o ambiente CoolEdu, focando principalmente em sua modelagem. O capítulo cinco trata dos aspectos de implementação e avaliação. Por fim, o último capítulo aborda as contribuições dessa dissertação e trabalhos futuros.

2 CONCEITUAÇÃO

Esse capítulo apresenta conceitos básicos para a compreensão desse trabalho. Primeiramente são tratados aspectos técnicos e pedagógicos da educação ubíqua. Em seguida, são apresentados os conceitos sócio-interacionistas de Vygotsky, focando em sua aplicação na pedagogia. Por último, é definido o conceito de agente utilizado nesse trabalho.

2.1 Ambientes de Educação Ubíqua

2.1.1 Aspectos Técnicos

A computação ubíqua pode ser vista como a aplicação conjunta de diversas tecnologias (SAKAMURA e KOSHIZUKA; 2005). Existem diversos ambientes de educação ubíqua que aplicam essas tecnologias, procurando auxiliar no processo de educação (ANDRADE, 2000; ANDRADE, 2003; BARBOSA, 2005; BARBOSA, 2006a; BARBOSA, 2007; BARBOSA, 2008a; JIN, 2003; OGATA e YANO, 2003; OGATA e YANO, 2004; OGATA e YANO, 2006; SAKAMURA e KOSHIZUKA, 2005; ZHANG, 2005).

A mobilidade, quando aplicada à educação, permite que o aprendiz usufrua do sistema enquanto se movimenta (MILOJICIC, 2002), possibilitando assim que a educação aconteça em qualquer lugar. Nesse sentido, tecnologias de localização (HIGHTOWER, 2006) permitem que o sistema saiba onde o usuário se encontra, tornando assim a educação sensível ao contexto do aprendiz.

Essas tecnologias possibilitam que a educação ocorra de uma forma mais transparente ao aprendiz, e que o processo de aprendizagem aconteça em qualquer lugar e a qualquer momento. Dessa forma, a educação ubíqua permite que o processo pedagógico seja refinado pelos dados do contexto onde o aprendiz está inserido.

Ambientes de educação ubíqua visam personalizar o processo de aprendizagem, tornando-o cada vez mais transparente ao aprendiz. Para isso é necessário que os recursos pedagógicos disponíveis no ambiente possam ser, de alguma forma, relacionados aos interesses do aprendiz. A utilização de perfis de usuário é uma alternativa comumente aplicada na resolução desse problema. Um dos modelos de perfil mais utilizados como base para mapear um aprendiz dentro de um ambiente ubíquo é o PAPI *Learner* (*Public and Private Information for Learners*) (PAPI, 2010). Exemplos de trabalhos que se basearam no

PAPI para criar seus perfis de usuário são o LOCAL (BARBOSA, 2006a; BARBOSA, 2008a) e o GlobalEdu (BARBOSA, 2005). Entretanto, esse padrão não foi utilizado integralmente, pois possui deficiências quando aplicado a ambientes ubíquos, como falta de dados contextualizados e redundância de algumas informações (BARBOSA, 2005). Por esse motivo, a abordagem normalmente aplicada é a combinação de padrões, como o PAPI, com informações específicas para ambientes ubíquos.

Ao empregar, de maneira conjunta, tecnologias de localização e perfis de usuário, torna-se possível oferecer conteúdo educacional com um alto grau de personalização. No contexto da educação ubíqua, isso traz benefícios ao processo de aprendizagem. Segundo Ogata & Yano (2003), a disponibilidade de recursos pedagógicos personalizados contribui para a resolução de um problema fundamental em ambientes de educação ubíqua, que é “como fornecer aos aprendizes a informação correta, na hora e no tempo certo”.

2.1.2 Aspectos Pedagógicos

Cada vez mais, a aprendizagem transcende as dimensões espaço-temporais convencionais (POZO, 1996). O conceito de aprendizagem restrita a salas de aula está se tornando obsoleto, principalmente mediante o desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, o próprio conceito de ensino deve ser repensado, dando espaço a um modelo de educação adequado à realidade atual, onde se possa aprender a qualquer momento e em qualquer lugar.

Nessa nova visão de ensino a tecnologia assume um papel de ferramenta para a educação, e atua como um mediador entre o aprendiz e o mundo. Dessa forma, o aprendiz deixa de possuir uma relação direta com o mundo em seu processo pedagógico (OLIVEIRA, 1999; VYGOTSKY, 1980; VYGOTSKY, 1988; VYGOTSKY, 1991), e a aprendizagem passa a ser mediada pela tecnologia.

Vygotsky defende que o processo de aprendizagem está vinculado a uma relação sócio-histórica entre o aprendiz e o mundo que o circunda. E que nesse processo, onde o aprendiz constrói seu conhecimento, ele também transforma o ambiente que o cerca. Barbosa (2008b) diz que “Este sujeito possui uma dimensão ativa, isto é, são as ações que possibilitam ao sujeito transformar a si mesmo e transformar o objeto, e neste *continuum* ir se desenvolvendo e construindo novas estruturas de conhecimento”.

Nesse processo de aprendizagem bidirecional, está presente a idéia de colaboração (FISCHER, 2002), onde o aprendiz, ao interagir com o meio e com outros aprendizes, constrói seu conhecimento de forma dinâmica, e ao mesmo tempo atua como

mediador para o desenvolvimento do conhecimento de outros aprendizes (BULL e SMITH, 1997; FISCHER, 2002; TOBAR, 2001).

Com isso, os ambientes virtuais de educação devem propiciar o desenvolvimento de indivíduos capazes de definir recursos pedagógicos significativos para sua aprendizagem e interagir com outros indivíduos, de forma a construir seu conhecimento. Esta concepção é fundamental na educação em um cenário ubíquo.

Nesse cenário, a aprendizagem não ocorre somente na sala de aula, mas está presente no dia a dia do aprendiz. A sala de aula é apenas um dos espaços. O contexto que envolve o aprendiz também possui elementos de aprendizagem significativos e que devem ser explorados. Desta forma, sistemas de suporte à educação ubíqua devem perceber o aprendiz no meio virtual, como também o perceber integrado ao seu meio (contexto) real, sendo ele também parte integrante desse meio.

2.2 Conceitos Sócio-Interacionistas de Vygotsky

Lev Semyonovich Vygotsky foi um psicólogo bielorusso, nascido em 17 de novembro de 1896, em Orsha. Ele viveu e morreu na Rússia, de tuberculose, quando tinha 37 anos.

Vygotsky (1988) construiu sua teoria tendo por base o desenvolvimento do indivíduo como resultado de um processo sócio-histórico, enfatizando o papel da linguagem e da aprendizagem nesse desenvolvimento, sendo essa teoria considerada histórico-social. Sua questão central é a aquisição de conhecimentos pela interação do sujeito com o meio.

Apesar de sua pesquisa ter sido realizada no campo da psicologia, suas idéias tiveram grande repercussão no campo da pedagogia, principalmente em 1962, quando seu livro *Pensamento e Linguagem* foi lançado no Ocidente.

A abordagem psicológica, desenvolvida por Vygotsky, possui três idéias centrais (OLIVEIRA, 1999):

- as funções psicológicas possuem uma base biológica, porque são produtos da atividade cerebral;
- através das relações sociais entre o indivíduo e o mundo real é fundamentado o funcionamento psicológico, sendo que essas relações sociais desenvolvem-se num processo histórico;
- a relação homem-mundo acontece mediada por um sistema simbólico, composto por ferramentas e símbolos, ou signos.

Desse modo Vygotsky (1988), em sua proposta, estuda o ser humano de forma sistêmica, observando aspectos não apenas biológicos e psicológicos, mas, sobretudo, sociológicos e culturais. Em sua teoria, ele defende que o ser humano é um produto de suas ações mentais e sociais, sendo essas ações relacionadas entre si. Em outras palavras, o desenvolvimento e a capacidade de aprender do ser humano têm suas raízes na sociedade e na cultura, da mesma forma como a sociedade e a cultura são afetadas pelas ações mentais do ser humano. Nesse contexto, Oliveira (1999) reafirma que “a interação social, seja diretamente com outros membros da cultura, seja através dos diversos elementos do ambiente culturalmente estruturado, fornece a matéria-prima para o desenvolvimento psicológico do indivíduo”.

Vygotsky tem um trabalho extenso, envolvendo muitos aspectos biológicos, psicológicos e pedagógicos. Entretanto, por essa dissertação estar sendo realizada na área da educação ubíqua, os conceitos apresentados por Vygotsky são analisados e apresentados sob um âmbito mais pedagógico e menos psicológico.

2.2.1 O Processo de Mediação

Vygotsky defende que existem duas formas do ser humano interagir com o mundo. A primeira delas é uma forma direta, onde os indivíduos interagem diretamente com algo do mundo real. A segunda forma é indireta, sendo uma interação mediada ou apoiada. Nessa interação os indivíduos utilizam mediadores para realizar uma ação, o que pode ser visualizado na Figura 1. Por exemplo, quando um trabalhador ao invés de cavar um buraco com as mãos, utiliza uma pá como ferramenta mediadora de sua ação, torna-se mais eficiente.

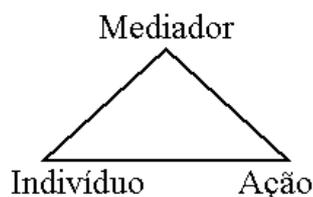


Figura 1 – Relação indivíduo-mediador-ação.

Vygotsky distingue dois elementos mediadores: as ferramentas e os símbolos. As ferramentas são utilizadas como um objeto social e mediador da relação entre o indivíduo e o mundo. O indivíduo fazendo uso de ferramentas facilita sua interação com o mundo, possibilitando assim ser mais eficiente.

Da mesma forma, o uso de símbolos é utilizado pelo ser humano em sua relação com um mundo, como mediador e facilitador. A diferença entre o uso de ferramentas e símbolos é

que os símbolos são utilizados no campo psicológico e não físico, atuando como uma abstração do indivíduo sobre o mundo real. Vygotsky (1980) diz: “A invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher, etc.) é análoga à invenção e ao uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico”. Um exemplo de mediação simbólica é quando um motorista vê as cores de um semáforo e decide se deve seguir ou parar. Nesse exemplo a lembrança de suas aulas de direção, e que a cor vermelha está associada a parar, media a tomada da decisão do motorista e indica que ele deve parar. A Figura 2 ilustra esse exemplo.

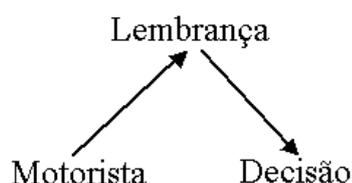


Figura 2 – Exemplo de relação indivíduo-mediador-ação

Até mesmo esse trabalho pode ser usado como exemplo de uma ferramenta que pretende mediar a ação do indivíduo com o mundo. Mais precisamente, essa ferramenta pretende mediar a relação entre um aprendiz e um conhecimento que ele almeja possuir.

2.2.2 O Processo de Internalização

A internalização, de acordo com Vygotsky, é o processo no qual o aprendiz transforma símbolos externos em símbolos internos. Em outras palavras, é a etapa na qual, através da interação indivíduo-mundo, o aprendiz consegue internalizar o conhecimento.

Graças a essa capacidade de internalização de símbolos, que pode ser vista como o processo de desprendimento de um símbolo do seu significado, o indivíduo supera a necessidade de marcas externas, passando a utilizar os símbolos internalizados como mediadores de suas relações com o mundo real.

Outro exemplo de internalização é quando um músico consegue tocar uma música sem precisar consultar a partitura. Dessa forma, ele superou a necessidade de símbolos externos, e agora consegue interagir com o instrumento musical, utilizando como mediador o seu conhecimento (neste caso, a lembrança das notas que compunham a partitura).

O processo de internalização, apesar de ser um processo individual, possui um forte aspecto social, pois dentre os sistemas de representação da realidade, o principal deles é a linguagem, que é um sistema simbólico inerente a todos os grupos humanos (VYGOTSKY, 1988). É o grupo cultural onde o indivíduo desenvolve-se que lhe

fornece formas de perceber e organizar o real, as quais vão constituir os instrumentos psicológicos que fazem a mediação entre o indivíduo e o mundo.

A interação de indivíduos possibilita a interiorização das formas culturalmente estabelecidas de funcionamento psicológico. Por isso, o intercâmbio social fornece a matéria-prima para o desenvolvimento psicológico do indivíduo.

2.2.3 Zona de Desenvolvimento Proximal

Segundo Oliveira (1999), Vygotsky procurou compreender a origem e o desenvolvimento dos processos psicológicos ao longo da história da espécie humana e da história individual. No entanto, não chegou a formular uma concepção estruturada do desenvolvimento humano que abrangesse o processo de constituição psicológica do nascimento até a idade adulta.

Nesse processo de desenvolvimento, o aprendizado é possível graças à interação do indivíduo com a sociedade cultural, e é ele quem possibilita o despertar dos processos internos de desenvolvimento.

Em seu trabalho, Vygotsky dá tamanha importância à relação social histórica no processo de aprendizagem que formulou um conceito específico para isso em sua teoria. Esse conceito é a **zona de desenvolvimento proximal (ZDP)**. Entretanto, para se compreender o conceito de zona de desenvolvimento proximal primeiro é necessário diferenciar os dois níveis de desenvolvimento proposto por Vygotsky: (1) **nível de desenvolvimento real (NDR)**, que se refere às conquistas que já estão consolidadas no indivíduo, o que ele já aprendeu e domina, indicando os processos que o indivíduo já é capaz de executar de forma autônoma; (2) **nível de desenvolvimento potencial (NDP)**, que corresponde àquilo que o sujeito é capaz de fazer mediante a ajuda de outra pessoa (par mais capaz). Na distância entre o desenvolvimento real e o desenvolvimento potencial, está a **zona de desenvolvimento proximal**, que define aquelas funções que estão em processo de maturação e desenvolvimento.

Portanto, de acordo com o conceito de ZDP, deve-se propor atividades que estejam entre o que o indivíduo já internalizou e o que ele pode executar com a ajuda de um par mais capaz. Ao se propor atividades fora dos limites da ZDP, o indivíduo não conseguiria realizar a atividade e internalizar o conhecimento abordado.

Assim sendo, a ZDP pode ser usada na localização de oportunidades pedagógicas condizentes com o nível atual do aprendiz e do meio que o cerca, e por consequência

contribuir no processo de apoio à aprendizagem pela ajuda de um especialista ou um par mais capaz. O conceito ZDP baseia-se no fato de que os aprendizes possuem níveis de conhecimentos diferentes, podendo assim os mais capazes auxiliar na aprendizagem dos menos capazes (VYGOTSKY, 1980; VYGOTSKY, 1991).

Nesse sentido, um modelo computacional, baseado nos conceitos criados por Vygotsky, pode apoiar o processo pedagógico, ou seja, aplicar os conceitos definidos pelo autor como base para identificar oportunidades de desenvolvimento pedagógico e fomentando a interação entre os aprendizes de forma a auxiliar a educação.

2.2.4 Modelos Computacionais

Alguns dos conceitos apresentados por Vygotsky possuem interpretações distintas, como, por exemplo, o conceito de zona de desenvolvimento proximal. Oliveira (1999) chama a atenção ao risco de uma interpretação distorcida da posição de Vygotsky no que diz respeito à ZDP, porque “embora Vygotsky enfatize o papel da intervenção no desenvolvimento, sua proposta defende a importância do meio cultural e da interação social no percurso de desenvolvimento humano, e não por uma pedagogia diretiva, intervencionista de volta à escola tradicional”.

Os trabalhos de Gluz (2008) e Passerino (2007) exploram os conceitos de Vygotsky através da criação de um modelo formal para análise dos processos de mediação em um Ambiente Virtual de Aprendizagem. Para a criação desse modelo de mediação, denominado MC (Mediação/Cognição), foram usados conceitos e categorias de mediação identificadas por pesquisas empíricas. Entretanto, esses trabalhos (GLUZ, 2008; PASSERINO, 2007) demonstram que criar um modelo computacional fidedigno ao modelo proposto por Vygotsky é uma tarefa árdua. Isso se deve ao fato de que o modelo envolve muitos fatores difíceis de serem mensurados e representados computacionalmente, como, por exemplo, elementos psicológicos e mentais dos aprendizes. Gluz e Passerino afirmam que os conceitos de Vygotsky ainda estão em processo de maturação e que a criação de um modelo computacional que leve em conta integralmente os processos de interação do aprendiz com o meio externo ainda precisa ser trabalhada pela academia.

Em seu modelo computacional, Bull e Smith (1995) desenvolveram uma abstração sobre a teoria de zona de desenvolvimento proximal apresentada por Vygotsky. Nesse modelo, o sistema, através de heurísticas, compara o conteúdo de dois modelos de aluno (SM) e determina a melhor maneira destes aprendizes adquirirem conhecimentos no sistema. Nesse

modelo, o SM1 representa os conceitos já sabidos ou consolidados do estudante 1 e SM2, os conceitos do estudante 2. Os modelos SM1&SM2 representam o conhecimento de ambos os alunos trabalhando juntos, mas que eles não podem produzir individualmente. Essa abordagem, de acordo com os autores é similar à zona de desenvolvimento proximal proposta por Vygotsky.

Andrade (2000; 2001; 2003) propõe um modelo computacional baseado em Vygotsky, utilizando-se dos conceitos de zona de desenvolvimento proximal e mediação. Sua proposta tem por objetivo apoiar a colaboração, através de uma abordagem sócio-interacionista de Vygotsky, em um contexto de sala presencial ou de ambiente EAD. Em seu trabalho, Andrade defende a possibilidade de auxiliar a educação através de um apoio computacionalmente baseado em aspectos da teoria de Vygotsky, dando foco às questões relacionadas ao diagnóstico computacional de alunos, bem como a possibilidade de “analisar” ou “diagnosticar” as suas dificuldades. Para validar suas idéias, Andrade implementa um sistema multiagente para apoio à educação em ambientes EAD, baseado nos conceitos de Vygotsky.

Nesse contexto, esse trabalho entende que um modelo colaborativo de educação ubíqua pode, inspirando-se em conceitos apresentados por Vygotsky, identificar oportunidades de aprendizagem por colaboração entre aprendizes. E, a partir disso, é possível estimular a colaboração entre os aprendizes, auxiliando no processo de aprendizagem.

2.3 Agentes e Sistemas Multiagentes

A tecnologia de agentes é uma forma de desenhar e desenvolver software que facilita a compreensão de sistemas complexos. Essa tecnologia permite desenvolver sistemas inteligentes que tomam decisões automaticamente (GIORGINI e HENDERSON, 2005).

Apesar do termo “agente” ter muitos significados, nesse trabalho é aplicado o conceito de agente definido pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) (FIPA-ACL, 2010). A FIPA define agente como “uma entidade que reside em um ambiente onde interpreta dados através de sensores que refletem eventos no ambiente e executa ações que produzem efeitos no ambiente. Um agente pode ser software ou hardware puro...”.

Também é importante salientar as diferenças entre agentes e objetos. A principal diferença entre eles, segundo Weiss (WEISS, 1999), é o fato de agentes terem uma noção mais forte de autonomia em relação aos objetos, sendo capazes de um comportamento mais flexível.

Algumas propriedades são essenciais para caracterização de um agente. Nesse trabalho, as características que devem ser observadas nos agentes são:

- a autonomia que o agente deve ter para tomar decisões e ações importantes para a conclusão de uma tarefa ou objetivo sem a necessidade da interferência do ser humano;
- a pró-atividade, que se refere à capacidade que o agente deve ter de tomar iniciativas. A pró-atividade extrapola o conceito de autonomia, e transforma um agente que só reage ao meio em um agente que tem capacidade de exibir comportamentos baseados em objetivos;
- a reatividade é a capacidade de reagir rapidamente a alterações no ambiente, ou seja, perceber o meio e responder de modo oportuno;
- a comunicação, que consiste na capacidade de comunicação com repositórios de informações, outros agentes ou até mesmo o próprio ambiente. O fundamental dessa característica é a constante troca de informações.

Como se pode observar, a tecnologia de agentes por si só é uma ferramenta poderosa para criação de sistemas complexos. Entretanto, vários autores, como Wolf (2005), acreditam que a inteligência dos agentes de software não pode ser separada do contexto social. Desta forma, surgiu um novo campo de interesse que estuda programas construídos com vários agentes – os Sistemas Multiagentes (BELLIFEMINE, 2001; WEISS, 2005). Esses agentes dotados de autonomia podem executar tarefas simples ou complexas, só que agora inseridos dentro de uma organização e um meio ambiente. O importante nessa análise não é observar os objetivos de cada agente, e sim o objetivo global da sociedade formada.

O desenvolvimento de software orientado a agentes é uma prática que facilita transformar idéias (mundo real) em código de máquina. Entretanto, para isso são necessárias metodologias que guiem essa modelagem.

Essas metodologias possuem uma estrutura definida e reconhecida pela comunidade acadêmica, servindo de direção nas etapas de modelagem e desenvolvimento do software. Cada metodologia possui uma área de atuação específica, possuindo pontos fortes e fracos. Entre as principais metodologias se destacam:

- *AUML: Agent Unified Modeling Language* (GIORGINI e HENDERSON, 2005) é uma metodologia baseada na UML e estendida para o uso de agentes. Ela possui os

principais diagramas existentes na UML (*Unified Modeling Language*) e é capaz de detalhar o comportamento interno do agente;

- MASE: *Multiagent Systems Engineering* (GIORGINI e HENDERSON, 2005) é uma metodologia voltada para o desenvolvimento de sistemas multiagentes que possui uma fase de análise e outra de projeto. Essa abordagem tem como ponto forte o uso de passos curtos e simples de modelagem para se atingir a visão geral do sistema, e como ponto fraco a necessidade da existência prévia dos requisitos do sistema;
- Tropos (GIORGINI e HENDERSON, 2005): é uma metodologia forte na criação de sistemas que utilizam agentes BDI (*belief, desire and intention*), possui uma fase de modelagem rica, porém sua fase final de especificação e início de desenvolvimento é conhecida como seu ponto fraco;
- Prometheus (GIORGINI e HENDERSON, 2005; PADGHAM e WINIKOFF, 2002): é uma metodologia que se divide em três etapas, ou seja, a especificação do sistema, o projeto arquitetural e o projeto detalhado. É uma metodologia forte da fase final do projeto e início da implementação, deixando, no entanto, um pouco a desejar no início da modelagem.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Atualmente existem diversas propostas de ambientes de educação ubíqua (ANDRADE, 2000; ANDRADE, 2003; BARBOSA, 2005; BARBOSA, 2006a; BARBOSA, 2007; BARBOSA, 2008a; OGATA e YANO, 2003; OGATA e YANO, 2004; OGATA e YANO, 2006; JIN, 2003; SAKAMURA e KOSHIZUKA, 2005; ZHANG, 2005) e ambientes colaborativos (BULL e SMITH, 1997; FISCHER, 2002; HERNÁNDEZ, 2006; MARTEL, 2006; STAHL, 2006; YANG, 2006).

O CoolEdu é um modelo para colaboração em ambientes descentralizados de educação ubíqua. Na pesquisa bibliográfica realizada, não foi encontrado nenhum trabalho com esse mesmo objetivo. Por esse motivo, foram explorados os trabalhos que propunham soluções para auxílio à educação ubíqua em ambientes descentralizados que tinham como foco o aprendizado pela interação entre os aprendizes.

Os ambientes descentralizados de educação ubíqua apresentados nesse capítulo são: *Framework* para Interação Social proposto por Zhang (2005), Ambiente de Aprendizagem Colaborativa Ponto-a-Ponto (YANG, 2006), GlobalEdu (BARBOSA, 2005) e Japelas (OGATA e YANO, 2004). Na apresentação desses trabalhos, é dada ênfase aos pontos relacionados aos motores de análise utilizados pelos ambientes na busca de oportunidades pedagógicas, já que este é o foco dessa dissertação. A escolha dentre os ambientes descentralizados de educação ubíqua foi guiada pela descentralização de suas propostas, sendo escolhidas as mais descentralizadas.

No final do capítulo é apresentada uma comparação entre os trabalhos, focando principalmente nas diferenças entre seus objetivos, sua estrutura e função atribuída aos seus motores de análise.

3.1 *Framework* para Interação Social proposto por Zhang

Zhang (2005) propôs um *framework* de aprendizagem ubíqua e interação social entre aprendizes. Esse *framework* tem por objetivo apoiar a aprendizagem do aluno e desenvolver sua habilidade social. Esse *framework* inclui três funções principais: encontro, comunicação e colaboração.

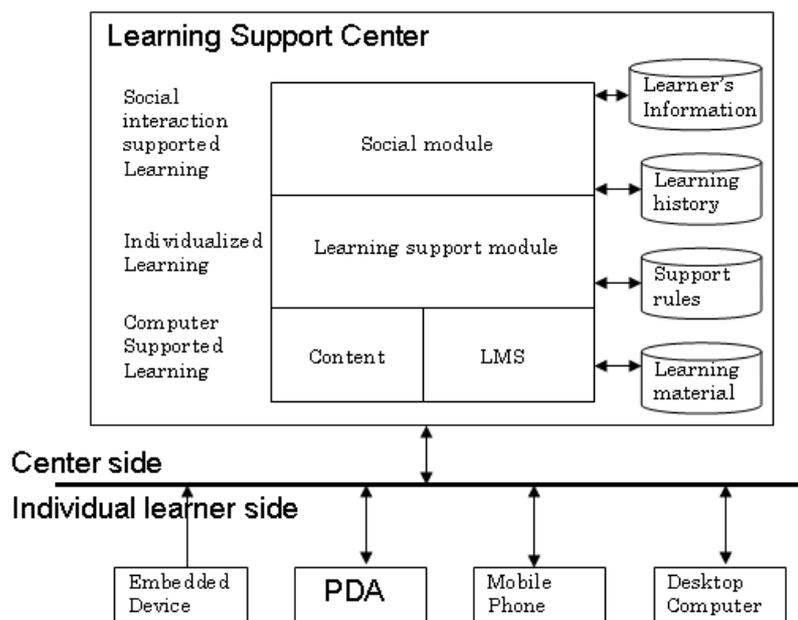


Figura 3 – Modelo de aprendizagem ubíqua proposto por Zhang (2005).

O modelo de aprendizagem ubíqua, como mostrado na Figura 3, é dividido em duas partes: centro de suporte à aprendizagem (*center side*) e aprendizagem individual (*individual learner side*). O centro de suporte à aprendizagem é composto pela base de dados e três módulos de suporte:

- Módulo computacional de suporte à aprendizagem: esse módulo abrange a função de fornecimento estável de conteúdo e a função de gestão da aprendizagem;
- Módulo de apoio à aprendizagem: esse módulo proporciona aprendizagem personalizada, tal como a política de apoio à aprendizagem individual;
- Módulo social: esse módulo fornece as competências sociais e princípios para o apoio à construção da aprendizagem social comunitária.

As mídias utilizadas na aprendizagem individual podem ser PDAs (*personal digital assistant*), telefones celulares, computadores e dispositivos embarcados. Os aprendizes podem se comunicar através de uma rede de aprendizagem (ZHANG, 2005).

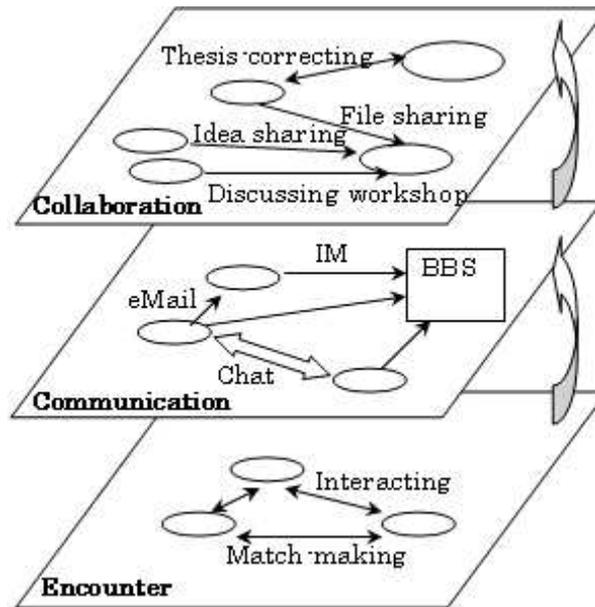


Figura 4 – Encontro, Comunicação e Colaboração (JIN, 2003).

O modelo de interação social utilizado nesse *framework* é o modelo da “função de encontro” proposto por Jin (2003), que é dividido em três partes, como pode ser visto na Figura 4:

- Encontro: inicialmente os aprendizes precisam saber da presença de outros aprendizes. Entretanto, um aprendiz pode não estar interessado em todos os aprendizes *on-line*. Então, no processo de encontro, grupos são formados dinamicamente segundo vários atributos, como o perfil do aluno, interesses e histórico de aprendizagem;
- Comunicação: suportada por e-mail, espaço coletivo de discussões e comunicadores instantâneos;
- Colaboração: fornece aos aprendizes um ambiente colaborativo para troca de matérias e idéias.

O motor de análise, proposto por Zhang (2005), procura apoiar a educação pelo estímulo a interação social, seguindo o modelo da “função de encontro”. Além disso, é importante ressaltar que, apesar da comunicação entre os aprendizes ocorrer de forma descentralizada nessa proposta, o motor de análise depende de uma estrutura centralizada, onde ficam as bases de dados, para que possa funcionar.

3.2 Ambiente de Aprendizagem Colaborativa Ponto-a-Ponto

Yang (2006) propôs um ambiente de apoio à aprendizagem ubíqua colaborativo e ponto a ponto (P2P). O ambiente realiza o apoio à aprendizagem através da criação de

comunidades virtuais, onde instrutores e alunos, descobrem, acessam e compartilham recursos, se comunicam e participam de discussões em grupo.

O ambiente é dividido em três subsistemas: subsistema de acesso a conteúdo e adaptação ponto a ponto; subsistema de gerência de anotação personalizada; e subsistema multimídia de grupos de discussão em tempo real.

O subsistema de acesso a conteúdo e adaptação ponto a ponto, através de uma rede P2P (*peer to peer*), acessa e disponibiliza acesso aos recursos pedagógicos mantidos por cada nodo na rede. Se ele não encontra o recurso requisitado por um vizinho na rede, ele solicita-o para seus próprios vizinhos (redes *ad hoc*). O sistema também permite que um nodo seja mediador, servindo como uma referência para a aquisição de certo tipo de recurso. Os recursos pedagógicos são descritos por perfis contextuais, contendo informações como papel e características do recurso.

O subsistema de gerência de anotação é responsável por armazenar lembretes pertinentes ao aprendiz, como, por exemplo: coisas a fazer, conceitos e pensamentos. O documento anotado pode ser um arquivo PDF (*Portable Document Format*), Word ou qualquer página em HTML (*HyperText Markup Language*). As anotações podem ser criadas em formato de texto ou voz. Existem sete tipos de anotações no subsistema: questão, explicação, comentário, favorito, esboço, desenho e link.

No subsistema multimídia de grupos de discussão em tempo real, o serviço de mensagem é projetado do ponto de vista da colaboração em grupo, disponibilizando serviços como fóruns de discussão, mensagens instantâneas, filtro de mensagens e sincronização de mensagens dentro de grupos de colaboração. Cada usuário tem a liberdade de iniciar um grupo de interesse especial (*special interest group* - SIG) e é livre para se inscrever para participar de qualquer SIG iniciado por outros colegas na rede. O subsistema também disponibiliza recursos de conferência com áudio e vídeo e agenda pessoal ou de grupo de serviço.

Dessa forma, pode-se dizer que o apoio à educação ocorre de forma passiva, pois o sistema em si não oferta serviços, ou indica ao aprendiz a participação em um grupo de interesse ou a utilização de um determinado material. Sendo assim, o motor de análise, proposto por Yang, somente auxilia a aprendizagem quando o aprendiz executa uma ação de forma explícita e ativa, como, por exemplo, realizar uma pesquisa sobre um conteúdo educacional.

3.3 GlobalEdu

O GlobalEdu (2005) tem como objetivo apoiar a educação, considerando um ambiente de suporte à execução de aplicações ubíquas. Com esse intuito, é proposta uma arquitetura de suporte ao ensino e aprendizagem, para ser utilizada sobre um ambiente ubíquo previamente existente.

A arquitetura do GlobalEdu especifica três componentes: um Agente Pedagógico (AP), Módulos Educacionais (MEs) e Módulos de Suporte. Esses componentes integram-se a um *middleware*, denominado EXEHDA (IARA, 2001), para realizar a comunicação com o ambiente. Nessa revisão serão abordados principalmente o agente pedagógico e os módulos educacionais, pois eles serviram como inspiração para o motor de análise desse trabalho.

O Agente Pedagógico (AP) é uma entidade que está sempre com o aprendiz, acompanhando-o no dispositivo pessoal. Este agente tem como características e funcionalidades:

- possui mobilidade, pois deve estar sempre acompanhando o aprendiz, não importa o dispositivo que ele esteja utilizando;
- adapta-se ao dispositivo que o usuário utiliza;
- realiza a interface entre o aprendiz e os serviços que o GlobalEdu disponibiliza;
- conhece o perfil do aprendiz e o contexto no qual ele está inserido, com o auxílio de informações fornecidas pelos Módulos Educacionais (MEs);
- interage com os demais aprendizes, através de seus APs, que se encontram no mesmo contexto que ele;
- possui autonomia, ou seja, executa tarefas sem a intervenção direta do aprendiz.

O AP, para alcançar as características e funcionalidades descritas, utiliza duas formas de funcionamento: uma estrutura cognitiva baseada em crenças e uma estrutura reativa baseada em eventos.

Na sua forma cognitiva, o AP utiliza uma base de conhecimento, que representa o perfil do aprendiz, o seu modelo de conteúdo (objetos de aprendizagem sendo manipulados) e seu modelo de contexto social. O AP utiliza esses dados para determinar as ações que devem ser executadas por ele.

As ações do AP representam as capacidades que o agente possui para atender o aprendiz no ambiente ubíquo. O conjunto de ações a serem executadas é definido pelo

mecanismo de cognição do agente e diz respeito à manipulação do perfil e do contexto do aprendiz, bem como do conteúdo por ele manipulado.

Os Módulos Educacionais (MEs) são responsáveis pelo armazenamento e gerenciamento das informações educacionais manipuladas no GlobalEdu, executando tarefas educacionais em dispositivos da arquitetura. Em especial, executam funções específicas relacionadas à manipulação do modelo do aluno, de conteúdo e de contexto, gerenciando os repositórios de informações, fornecendo informações e notificando o AP sempre que uma informação relevante é atualizada ou inserida.

Os Módulos Educacionais são:

- Gerência de perfil: responsável por administrar o perfil dos aprendizes. Este perfil é composto por informações explícitas e implícitas, sendo que as primeiras são aquelas que o aprendiz consegue alterar diretamente; e as implícitas são aquelas que foram inferidas de acordo com o comportamento do aprendiz no ambiente. O perfil é baseado nos padrões PAPI e LIP, além de estilos de aprendizagem e *trail* (BARBOSA, 2005);
- Gerência de conteúdo: este módulo tem como objetivo administrar e gerenciar os objetos de aprendizagem envolvidos no ambiente e é responsável por selecionar e disponibilizar ao aprendiz objetos que estejam de acordo com seu perfil, relacionando informações como preferências e interesses, por exemplo;
- Gerência de contexto: este módulo é responsável por controlar as informações do contexto em que o aprendiz se encontra, e prover a adaptação dos recursos disponíveis para o usuário, de acordo com seu perfil e dispositivos. Para o GlobalEdu, o contexto é toda a informação que seja relevante ao aprendiz nos processos de ensino e aprendizagem.

Os Módulos de Suporte têm como função auxiliar a execução dos Módulos Educacionais e do Agente Pedagógico. São eles (BARBOSA, 2005):

- Comunicação: responsável pela interação dos Módulos Educacionais e de Suporte, Agente Pedagógico e o ambiente de execução;
- Apresentação: contém diferentes instâncias de interfaces do AP, que são utilizadas de acordo com o dispositivo do aprendiz;

- Acesso: controla o acesso e o registro dos aprendizes (através de seus APs) no ambiente, bem como guarda o histórico de mobilidade do aprendiz. Toda a troca de dispositivo ou de contexto é percebida e armazenada;
- Persistência: mantém o estado do AP.

O motor de análise no GlobalEdu corresponde ao módulo cognitivo do AP, onde as informações do aprendiz, do contexto e dos objetos de aprendizagem corrente são analisados com intuito de auxiliar na educação.

3.4 Japelas

Japelas (*Japanese Polite Expressions Learning Assisting System*) é um sistema proposto por Ogata (2004). Este é caracterizado como um sistema ciente do contexto, pois trata das informações e apóia a aprendizagem de acordo com o contexto. Este sistema auxilia estudantes estrangeiros a utilizar corretamente expressões de tratamento em japonês, pois como o autor relata, elas são influenciadas pela situação.

Japelas utiliza tecnologias de localização e perfis de usuário, e seu foco de ensino é específico, não sendo possível alterá-lo ou ampliá-lo. Existem duas novas propostas baseadas no Japelas (CLUE (OGATA e YANO, 2003) e Jamiolas (OGATA e YANO, 2006)), mas ambas as propostas têm um modelo cliente/servidor e por isso, não foram incluídas nessa revisão.

A estrutura do ambiente Japelas é composta por:

- Modelo do aprendiz (*Learner model*): este módulo tem o perfil do aluno como nome, idade, sexo, ano de escola, amigos e parentes. Antes de utilizar o Japelas, cada aluno cadastra esses dados. Além do método explícito de entrada de dados, o sistema detecta interesses de aprendizagem do aluno de acordo com seu histórico de utilização;
- Modelo do ambiente (*Environmental model*): este módulo possui os dados de salas em uma área. A sala é detectada pelo gerente de localização usando *tags* RFID e GPS. A localização é usada para determinar o nível de formalidade, por exemplo, salas de reuniões estão propensas a situações mais formais. Se o aluno entra numa sala de reunião, são fornecidas expressões mais formais e as distâncias sociais são levadas em conta;
- Modelo educacional (*Educational model*): este módulo gerencia expressões como conteúdo pedagógico. Professores cadastram as expressões básicas e alunos e

professores podem acrescentar ou modificar expressões durante a utilização do sistema;

- Comunicação IR (*IR Communication*): IR (infravermelho) não precisa de nenhuma infra-estrutura fixa ou configuração. Além disso, simplifica a designação do alvo da comunicação. Em vez de inserir o nome do alvo, os utilizadores podem simplesmente apontar para a pessoa;
- Gerenciador de Localização (*Location manager*): com etiquetas RFID e GPS, este módulo detecta a localização do aluno, por exemplo, loja, sala privada e casa. Etiquetas RFID são utilizadas em ambientes internos, enquanto o GPS é usado em ambientes externos. Etiquetas RFID são anexadas nas portas de entrada das salas para identificá-las;
- Recomendador de expressões (*Polite exp. recommender*): com base nas regras de expressões, este módulo fornece a expressão adequada para a situação.

O motor de análise do Japelas apóia a educação através da supervisão das mensagens trocadas entre os aprendizes. Essa supervisão procura auxiliar na correta utilização das expressões de tratamento na língua japonesa em diferentes contextos e com diferentes pessoas. Para realizar essas análises o seu motor de análise utiliza os dados de perfil e de contexto.

3.5 Comparativo entre os Trabalhos

Nessa seção é feito um comparativo entre os trabalhos apresentados. A Tabela 1 resume as informações relevantes a essa dissertação dentro os trabalhos estudados. A tabela é baseada nos seguintes itens de comparação:

- Objetivo: apresenta o objetivo geral do sistema;
- Domínio de conhecimento: informa se o sistema é dependente de um único domínio de conhecimento, ou independente. Ou seja, informa se o sistema, e por conseqüência seu motor de análise, pode apoiar a aprendizagem de qualquer área de conhecimento, ou está vinculado e especializado a alguma área de conhecimento;
- Ambiente de aplicação: informa onde o sistema será utilizado. Se aplicável, informa também as características relacionadas ao ambiente;
- Tipo de estrutura: apresenta qual a estrutura utilizada pelo sistema e pelo motor de análise. Essa estrutura pode ser centralizada, descentralizada, ou híbrida;

- Estratégia de ensino: apresenta as estratégias pedagógicas aplicadas pelos motores de análise dos sistemas;
- Uso de agentes: informa se foi utilizado, ou não, sistema na modelagem do sistema e de seu motor de análise;
- Atuação do motor de análise: informa se o motor de análise age de forma passiva ou ativa dentro do sistema. É considerada passiva a participação do agente, quando suas análises têm como gatilho uma ação explícita do usuário. Por exemplo, o usuário solicita ao motor de análise que apresente sugestões de materiais de aprendizagem.
- Dados utilizados: informa quais os dados foram utilizados nas análises realizadas pelo motor de análise de cada sistema.

Tabela 1 – Comparativo entre sistemas de educação ubíqua

	<i>Framework para Interação Social proposto por Zhang</i>	Ambiente de Aprendizagem Colaborativa Ponto-a-Ponto	GlobalEdu	Japelas
Objetivo	Apoiar a aprendizagem dos alunos focando em suas habilidades sociais	Apoiar a aprendizagem utilizando comunidades virtuais	Apoiar a aprendizagem pela sugestão de objetos de aprendizagem e estímulo à interação entre aprendizes	Apoiar a aprendizagem de expressões de tratamento na língua Japonesa
Domínio de conhecimento	Independente	Independente	Independente	Dependente. Expressões de tratamento na língua Japonesa
Ambiente de aplicação	Diz-se um ambiente ubíquo, mas não possui informações de localização	Ambiente Ubíquo	Ambiente Ubíquo	Ambiente Ubíquo
Tipo de estrutura	Híbrida. A troca de mensagens e arquivos é descentralizada. Mas a estrutura do sistema é centralizada	Híbrida. O sistema é descentralizado, mas o gerenciador de contextos é centralizado	Híbrida. O sistema possui várias funções descentralizadas no AP. Entretanto os objetos de aprendizagem e o motor de análise são centralizados.	Descentralizada
Estratégias de ensino	“Função de encontro”	Modelo colaborativo,	Modelo sócio-interacionista	Possui uma estratégia de

	proposta por Jin (2003)	baseado na oferta de três serviços: Material de aprendizagem; Sistema para anotações; Sistema de discussões em grupo		ensino própria adaptada para o ensino de expressões de tratamento na língua Japonesa
Uso de agentes	Não	Não	Sim. Para interface com o aprendiz	Não
Atuação do motor de análise	Ativa	Passiva. Seu motor de análise só é ativado quando o usuário realiza pesquisas	Ativa	Ativa
Dados utilizados	Utiliza dados de contexto e de perfil nas suas análises	Utiliza dados de perfil, de contexto e de objetos de aprendizagem	Utiliza dados de contexto, de objetos de aprendizagem e de perfil	Utiliza dados de contexto e de perfil

A proposta de Zhang (2005) procura apoiar a educação em um ambiente ubíquo, através do estímulo à interação social, baseado no modelo de Jin (2003). Apesar da proposta ser descentralizada, essa característica só se aplica a troca de arquivos e mensagens entre os aprendizes, pois para que o seu motor de análise funcione, ele depende de uma infra-estrutura centralizada.

Zhang ainda apresenta uma idéia interessante, que é a capacidade de aplicar seu sistema de apoio à educação em um ambiente sem uma estrutura tecnológica previamente montada. Essa característica elimina uma restrição geográfica de utilização do sistema, indo ao encontro da definição de ubíquo (a qualquer hora e em qualquer lugar). Entretanto, esse trabalho deixa a desejar no que se refere à utilização de dados de contexto, pois apesar de ser uma proposta para um ambiente ubíquo, ela não utiliza nenhum dado contextualizado, nem ao menos dados de localização.

Em seu trabalho, Yang (2006), diferentemente de Zhang, prevê a utilização de dados de contextos, tanto características do dispositivo (tamanho da tela, *touchscreen*, entre outros), quanto dados de localização (GPS, RFID, entre outros). Com isso, o sistema pode adaptar os materiais de aprendizagem e facilitar o processo de aprendizagem. Como ponto negativo

desse trabalho, destaca-se o fato do sistema ser completamente passivo, não possuindo autonomia para realizar inferências sobre os dados do aprendiz, do contexto e dos objetos de aprendizagem. Dessa forma, o motor de análise do sistema somente é utilizado quando o aprendiz pesquisa um material, ou tenta entrar em contato com algum outro aprendiz. Neste cenário, não existe, por exemplo, gatilhos de análise disparados pela movimentação do aprendiz, ou pela proximidade dele com outro aprendiz.

GlobalEdu (BARBOSA, 2005), assim como o trabalho proposto por Yang, utiliza objetos de aprendizagem, dados de perfis do aprendiz e dados de contexto para realizar análises e procurar oportunidades pedagógicas. Entretanto, diferente dos demais trabalhos apresentados, GlobalEdu utiliza uma camada de suporte para seu funcionamento, um *middleware*. Dessa forma, GlobalEdu delega a responsabilidade da oferta de serviços de suporte, básicos em um ambiente ubíquo mas necessários para o seu funcionamento, ao ambiente ubíquo. Para isso, ele define uma interface de comunicação para que seus módulos consigam trocar dados com a camada de suporte.

Outro ponto importante ao se definir um ambiente de educação ubíqua é o escopo do conhecimento por ele ensinado. Japelas (OGATA e YANO, 2003), diferente dos demais trabalhos apresentados, pois propõe um ambiente de educação ubíqua focado em um domínio de conhecimento, expressões de tratamento na língua japonesa. Essa limitação de escopo permite que o Japelas tenha uma estrutura mais simples e especializada no ensino desse conhecimento. Por outro lado, ele não possui nenhuma forma modular de expandir seu escopo de ensino, tornando-o assim, incapaz de ser utilizado, por exemplo, para o ensino da língua inglesa.

Apenas um trabalho, o Japelas, possui sua estrutura totalmente descentralizada e se adequa naturalmente às características disponibilidade e escalabilidade, requeridas em um ambiente realmente ubíquo, conforme Satyanarayanan (2001). Entretanto, Japelas não aplica nenhum modelo pedagógico conhecido, utilizando para isso uma heurística própria limitada ao ensino de expressões de tratamento na língua japonesa.

Nesse cenário, torna-se interessante a proposta de um modelo para colaboração, que reúna as características necessárias a um ambiente realmente ubíquo, conforme Satyanarayanan, e, ao mesmo tempo, seja capaz de suportar a educação de qualquer conhecimento, baseando-se para isso, em um modelo pedagógico reconhecido pela academia, o modelo sócio-interacionista de Vygosky.

No próximo capítulo será apresentado o CoolEdu. Esse modelo busca suportar a educação, integrando características presentes nos trabalhos apresentados nesse capítulo pertinentes a ambientes descentralizados de educação ubíqua. Além disso, também é almejada a superação das limitações encontradas nos motores de análise desses trabalhos.

4 COOLEDU

Este capítulo apresenta o CoolEdu, um modelo para colaboração em ambientes descentralizados de educação ubíqua.

CoolEdu busca apoiar a educação através do estímulo a colaboração, utilizando para isso serviços de suporte do ambiente de educação ubíqua. Dessa forma, além de possibilitar a utilização desse modelo em diferentes ambientes de educação ubíqua, pôde-se concentrar o esforço em questões relevantes a um modelo de colaboração para ambientes descentralizados.

Primeiramente, nesse capítulo, são apresentados os requisitos do ambiente ubíquo necessários para a integração com o modelo proposto, focando em suas características e funcionalidades. Em seguida, tem-se a descrição do CoolEdu, passando por sua modelagem e componentes. Por fim, é apresentada a modelagem multiagentes do trabalho proposto, seguindo a metodologia Prometheus (PADGHAM e WINIKOFF, 2002).

4.1 Requisitos do Ambiente

O CoolEdu foi modelado para executar em ambientes descentralizados de educação ubíqua, pois seu objetivo é auxiliar na educação a qualquer momento e em qualquer lugar, sem que sofra das limitações comuns entre modelos centralizados (MILOJICIC, 2002; NEUMAN, 1994). Para que esse objetivo seja alcançado é definido como responsabilidade do ambiente o fornecimento de serviços de suporte à educação ubíqua. Estes serviços, requeridos para a utilização do CoolEdu em um ambiente de educação ubíqua, compreendem funcionalidades não cobertas pelo modelo proposto, mas que são necessárias à sua operação.

Para que o CoolEdu possa utilizar os serviços oferecidos pelo ambiente de educação ubíqua é necessário definir um protocolo de comunicação entre os agentes que compõem o modelo de colaboração e os serviços do ambiente ubíquo. Para suprir essa necessidade foi escolhido um protocolo padrão de comunicação, reconhecido e aceito pelo meio acadêmico (BELLIFEMINE, 2001; FIPA-ACL, 2010). Esse protocolo é o FIPA-ACL (*Foundation for Intelligent Physical Agents*).

O padrão FIPA-ACL foi criado para facilitar e padronizar a troca de mensagens entre agentes. Devido a essa abstração na comunicação, é possível a interoperatividade entre agentes heterogêneos em sistemas multiagentes. A Tabela 2 apresenta a estrutura da mensagem, seguindo o padrão FIPA-ACL, que é utilizada para comunicação dos serviços de suporte do ambiente com o CoolEdu.

Tabela 2 – Parâmetros de uma mensagem no padrão FIPA

Parâmetro	Tipo de comunicado	Dado comunicado
performative	Tipo de comunicado	Denota o tipo de ação comunicativa
sender	Participante na comunicação	Identidade do agente que enviou a mensagem
receiver	Participante na comunicação	Identidade dos destinatários da mensagem
reply-to	Participante na comunicação	Identidade dos destinatários do retorno da mensagem
content	Conteúdo da mensagem	Denota o conteúdo da mensagem
language	Descrição do conteúdo	Denota a linguagem em que o conteúdo é expresso
encoding	Descrição do conteúdo	Denota a codificação do conteúdo
ontology	Descrição do conteúdo	Denota a ontologia do conteúdo
protocol	Controle da comunicação	Denota o protocolo de interação que o agente está usando na mensagem ACL
conversation-id	Controle da comunicação	Identifica a seqüência de mensagens que juntas formam uma conversa
reply-with	Controle da comunicação	Identifica a resposta esperada
in-reply-to	Controle da comunicação	Identifica qual mensagem esta sendo respondida
reply-by	Controle da comunicação	Hora/data limite até a qual o agente emissor esperará por uma resposta

A Figura 5 apresenta serviços que o CoolEdu requer do ambiente ubíquo para seu funcionamento. Esses serviços são classificados em: Serviços de Objetos de Aprendizagem, Serviços de Contextos, Serviços de Comunicação e Serviços de Conectividade.

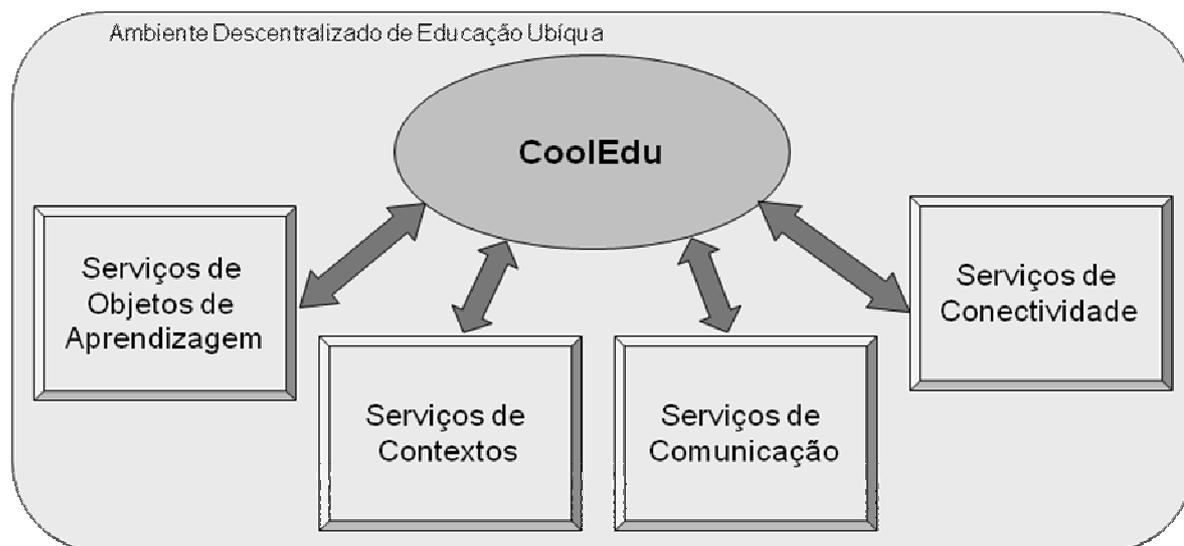


Figura 5 – Requisitos do Ambiente.

Nesse sentido, o CoolEdu pode ser utilizado em qualquer ambiente descentralizado de educação ubíqua, desde que o protocolo de comunicação para troca de mensagens seja respeitado e os serviços requeridos pelo modelo de colaboração sejam oferecidos, como especificados nesse capítulo.

4.1.1 Serviços de Objetos de Aprendizagem

Objetos de aprendizagem (MITCHELL e FARHA, 2007; TAROUCO, 2003) são uma das ferramentas necessárias para que o aprendiz possa ampliar seus conhecimentos. Nesse sentido, é esperado que os serviços de objetos de aprendizagem armazenem, adquiram e distribuam os objetos de aprendizagem no ambiente descentralizado de educação ubíqua.

Além de manipular os objetos de aprendizagem, é requisito do CoolEdu que esses serviços ofereçam metadados sobre os objetos. Esses metadados são necessários para que o CoolEdu possa realizar análises sobre os objetos de aprendizagem, buscando oferecer materiais adequados ao aprendiz, no momento certo e na hora certa.

A escolha do padrão de metadados a ser seguido no CoolEdu foi norteadada por dois fatores: a facilidade de utilização dos seus metadados (MITCHELL e FARHA, 2007) e o fator de aceitação entre os demais ambientes de educação, ou seja, foi escolhido o padrão que, de acordo com Tarouco (2003), é um dos mais difundidos entre os sistemas de suporte a educação, o padrão IEEE/LOM (*Institute of Electrical and Electronics Engineers - Learning Object Metadata*) (MITCHELL e FARHA, 2007).

A Tabela 3 mostra as categorias utilizadas e os elementos referentes a cada categoria.

Tabela 3 – Padrão dos objetos de aprendizagem

Categoria	Elementos
General	ID
	Title
	Language
	Description
	Keywords
	Structure
	AggregationLevel
Rights	Cost
	Copyright
	Restrictions
Relation	Kind
	Resource
Technical Format	Size
	Location
	Format
	Duration
Educational	General-knowledge
	Special-knowledge
	Description
	Context
	Difficulty
	AgeRange
	AgeRangeWithSupport

4.1.2 Serviços de Contextos

Para o CoolEdu, contextos são fragmentos de informação que podem ser usados para caracterizar a situação de um participante em uma interação. O trabalho de Dey (2001) foi usado como base para definição de dois tipos de contextos no CoolEdu: contextos de ambiente e educacionais.

Contextos de ambiente são todos os grupos formados devido a fatores do ambiente. Uma posição geográfica, ou uma data são exemplos de dados que formam um contexto de ambiente. Esses contextos não envolvem nenhuma informação referente ao conhecimento que é discutido pelos aprendizes que os integram.

De forma complementar, contextos educacionais são espaços virtuais criados para discussão de um conhecimento em específico. Dessa forma, esse contexto pode ser uma turma, um grupo de estudos, um curso ou outro delimitador de interesse.

Esses contextos devem permitir a sua utilização de forma híbrida, ou seja, deve ser possível criar contextos integrando dados educacionais e de ambientes. Sendo assim um

contexto pode ser formado por um determinado conhecimento (contexto educacional) em um espaço/tempo definido (contexto ambiente). Por exemplo, um grupo que discute matemática durante as noites de terça-feira na estação de metrô Unisinos.

Com base nessas definições, os serviços de contextos devem ser responsáveis pela criação e manutenção dos contextos, e monitoração de mudanças de estados no ambiente. Além disso, são de sua responsabilidade manter registro de todas as mudanças de contexto, inclusive com o horário de entrada e saída, possibilitando assim análises de *tracking* (histórico do deslocamento do usuário pelos contextos).

4.1.3 Serviços de Conectividade

O CoolEdu requer que os serviços de conectividade realizem a troca de dados entre diferentes dispositivos. Esses serviços devem ser responsáveis pelo empacotamento e desempacotamento das mensagens no padrão FIPA-ACL.

É através desse serviço que agentes de um dispositivo podem trocar informações com agentes de outro dispositivo. Nesse sentido, esse serviço deve atuar como *proxy* de comunicação entre os agentes de diferentes dispositivos.

4.1.4 Serviços de Comunicação

Os serviços de comunicação devem ser responsáveis pelo envio de mensagens diretamente aos aprendizes. Essas mensagens devem ser enviadas e persistidas no dispositivo do receptor.

Com o intuito de dar flexibilidade ao envio dessas mensagens, o CoolEdu requer dois tipos de envio de mensagens:

- Mensagens privadas: mensagens enviadas diretamente a um aprendiz, utilizada como um e-mail que fica disponível ao aprendiz em seu dispositivo;
- Mensagens coletivas: mensagens enviadas a um contexto específico. Esse tipo de mensagem pode ser interessante quando se quer contatar um grupo de aprendizes que faz parte de um contexto educacional, ou que está momentaneamente presente em um contexto de ambiente. Esse tipo de mensagem requer o auxílio do módulo de contextos para seu funcionamento.

A forma de visualização dessas mensagens depende da interface adotada pelo sistema descentralizado de educação ubíqua.

4.2 Arquitetura do CoolEdu

A arquitetura do CoolEdu é composta por três agentes. Cada um desses agentes assume um papel do modelo proposto, se tornando responsável por uma determinada parte do ambiente. A Figura 6 mostra a arquitetura do CoolEdu. Essa característica modular também pode ser observada nos trabalhos (BARBOSA, 2005; BARBOSA, 2006a; BARBOSA, 2006b; BARBOSA, 2007; BARBOSA, 2008a; OGATA e YANO, 2004), alguns deles apresentados no capítulo 3.

Ainda observando a Figura 6, pode-se salientar que os agentes que compõem o CoolEdu e os serviços de suporte, estão contidos em um dispositivo móvel, e a comunicação entre esses agentes e os agentes de outros dispositivos é realizada através dos Serviços de Conectividade do ambiente.

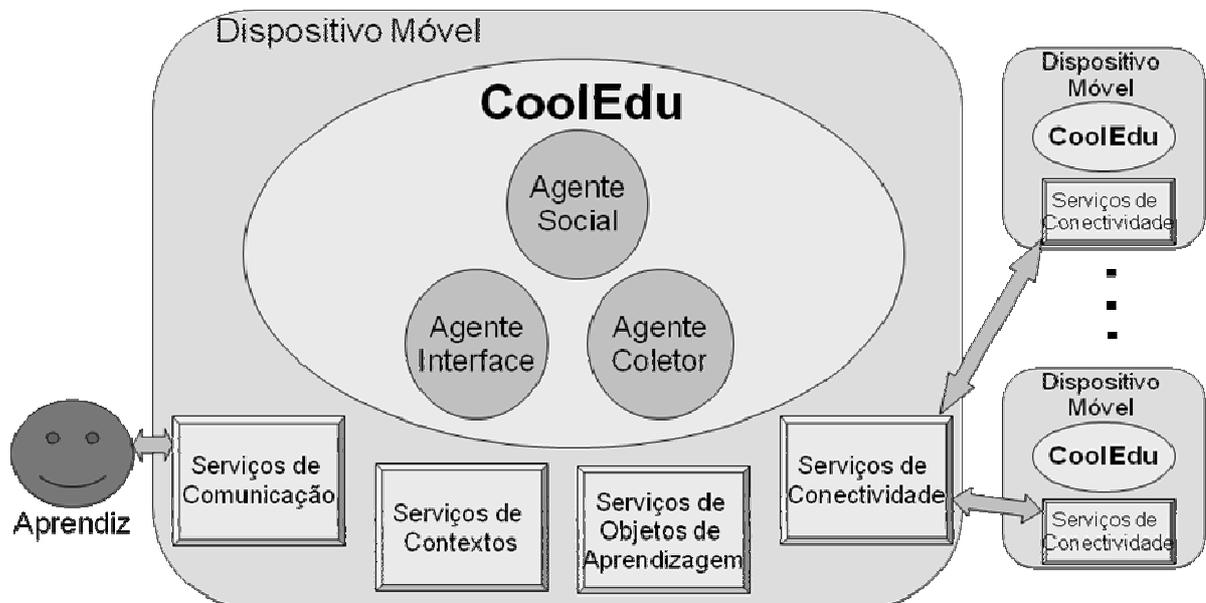


Figura 6 – Arquitetura do CoolEdu.

4.2.1 Agente Coletor

O agente Coletor é responsável pela comunicação dos agentes que auxiliam um aprendiz (num dispositivo eletrônico) com os agentes que auxiliam outros aprendizes (outros dispositivos). Ou seja, esse é o agente responsável pela coleta e distribuição de dados entre os agentes da sociedade que compõem o ambiente.

Este agente armazena informações dos aprendizes de forma individual. O perfil do aprendiz utilizado no CoolEdu é baseado no modelo proposto Levis (2007), acrescentado de informações psicológicas, no modelo BigFive, do aprendiz. No CoolEdu o perfil de aprendiz

utiliza as categorias *Personal Information, Preferences, Security e Relation*, propostas por Levis (2007). Além disso, foram inseridas informações quanto ao estilo cognitivo e de comportamento do aprendiz. Essas informações são necessárias para uma abordagem de colaboração baseada na teoria sócio-interacionista de Vygotsky (1988; 2003). Assim, alguns dados foram inseridos nas categorias *Personal Information e Preferences*. Da mesma forma, foi inserida uma nova categoria denominada *Personality Trait*. Essa categoria tem por objetivo descrever o perfil psicológico do aprendiz através de dimensões estatisticamente independentes de personalidade (BARRICK e MOUNT, 1991; BOOKER, 2007). A escolha do modelo empregado nesse trabalho foi guiada por um estudo dos modelos psicológicos mais utilizados pela academia (ALCHIERI, 2010; JUNG, 1953; BARRICK, 1991). Com isso em mente, o modelo escolhido para esse trabalho foi o "Big Five", por ser um modelo amplamente difundido e com estudos já realizados na área de recomendação para aprendizagem (BOOKER, 2007; CHOI, 2009). Na academia existe uma discussão sobre quais classificações utilizar no modelo "Big Five" (GOLDBERG, 1990). Nesse trabalho foi utilizada a classificação proposta por Norman, Costa (1992) Goldberg (1990; SAUCIER, 1998), que descreve a personalidade através de cinco fatores ou dimensões:

- *Agreeableness*: refere-se a quanto uma pessoa é gentil, empática, mostra consideração pelos outros;
- *Conscientiousness* (ou Responsabilidade): refere-se a quanto uma pessoa é cuidadosa, atenciosa, perseverante, empenhada naquilo que faz;
- *Extroversion*: refere-se a quanto uma pessoa busca contatos, é autoconfiante e espontânea;
- *Neuroticism*: refere-se a quanto uma pessoa tende a preocupar-se, ser nervosa, ter medo e estar tensa;
- *Openness* (ou Intelectualidade, ou ainda Cultura): refere-se a quanto uma pessoa tende a refletir, ser imaginativa, curiosa e original.

Dentre as categorias utilizadas no perfil de aprendiz, merece destaque a categoria *History*, que agrupa as informações que o aprendiz está trabalhando, ou já trabalhou. Essas informações são referentes à interação entre uma dupla de aprendizes, por esse motivo é armazenado uma referência ao outro aprendiz (*learning pair*), além do conhecimento específico e geral que foi discutido e se foi utilizado algum objeto pedagógico para apoiar

esse processo. Também é armazenado o contexto onde essa dupla interagiu e uma nota (*appreciation*), dada pelo próprio aprendiz, referente ao quanto foi útil essa interação. Estes dados podem mudar continuamente e servem como um *cache* do que está sendo ensinado e aprendido pelo aprendiz, e como um histórico do que já foi ensinado e aprendido.

Tabela 4 – Modelo perfil de aprendiz adotado no CoolEdu

Categoria	Elementos	Categoria	Elementos
Personal Information	ID	Preferences	Availability
	Domain		MessageFormat
	Name		Learning-style
	Phone		Context
	E-mail	History	General-interest
	Age		Special-interest
	Education-level		Description
	Profession		Level
Personality Trait	Agreeableness		Learning-pair
	Conscientiousness		Context
	Extroversion		Learning-object
	Neuroticism		Internalized
	Openness	Appreciation	
Security	Password	Interests	General-interest
	Public-key		Special-interest
	Private-Key		Description
Relation	Other-ID		Level
	Relation		Magnitude
	Context		

Como pode ser visto na Tabela 4, o modelo de perfil adotado no CoolEdu é constituído por sete categorias:

- Contato (*Personal Information*): armazena informações básicas do usuário, como: nome, e-mail, idade e nível de formação. Essas informações servem para identificar o aprendiz. Além disso, os elementos *age* e *profession* são avaliados na procura de oportunidades pedagógicas;
- Personalidade (*Personality Trait*): essa categoria aborda características psicológicas do aprendiz segundo o modelo “Big Five”, sendo classificada em: *Extroversion* refere-se a quanto uma pessoa é autoconfiante e espontânea, e sua capacidade de expressar o que pensa; *Agreeableness* refere-se a quanto uma pessoa é empática e mostra

consideração pelos outros; *Conscientiousness* refere-se a quanto uma pessoa é atenciosa, perseverante e dedicada naquilo que faz; *Neuroticism* refere-se a quanto uma pessoa tende a preocupar-se, ser afetada pelos sentimentos, ter medo e estar tensa; *Openness* refere-se a quanto uma pessoa tende a refletir, ser imaginativa e ser capaz de abstrair idéias. Esses dados também são analisados durante a procura de oportunidades pedagógicas.

- Segurança (*Security*): armazena uma lista de credenciais (nomes e senhas) que regulamentam níveis de acesso;
- Relacionamentos (*Relation*): armazena o relacionamento com outros usuários. São armazenados os identificadores dos usuários, e a natureza do relacionamento (por exemplo, “estudante”, “professor”, “pesquisador” ou “coordenador”). Essas informações estão relacionadas a um contexto (elemento *Context*), o que permite o uso desses dados de forma contextualizada;
- Preferências (*Preferences*): ajuda o sistema na personalização da experiência do usuário, armazenando preferências como tipo de mídia (por exemplo, vídeo, áudio ou texto). Essas preferências estão ligadas a contextos, o que permite o uso desses dados de forma contextualizada;
- Histórico (*History*): refere-se as metas alcançadas pelo aprendiz e servem como base para as avaliações realizadas pelo ambiente. Em resumo, essa categoria une as informações do que já foi trabalhado pelo usuário no sistema. Essas informações estão ligadas a contextos, o que permite o uso desses dados de forma contextualizada;
- Interesses (*Interests*): essa categoria armazena informações sobre tópicos relacionados a áreas de interesse do aprendiz, seguindo o padrão ACM (2010). Interesses são definidos da seguinte forma: uma área de interesse geral (por exemplo, “Programação”) e uma área de interesse específica, dentro do escopo definido pela área geral (por exemplo, “Java”). Essas informações são utilizadas pelo modelo colaborativo para estimular a interação entre os aprendizes. O elemento *Level* varia entre 1 e 5, e representa o domínio do usuário sobre o conhecimento em questão.

Em relação à implantação do modelo proposto em um ambiente de educação ubíqua já existente, é importante salientar que, caso já exista um modelo descrevendo o aluno no

ambiente de educação ubíqua, este não será usado. No lugar desse modelo, será usado o modelo de aluno proposto nesse trabalho.

4.2.2 Agente Interface

O Agente Interface é responsável pela interação do aprendiz com o CoolEdu. Através dessa interface o usuário recebe, em forma de mensagens de texto, áudio ou vídeo, as sugestões pedagógicas criados pelo agente Social (seção 4.2.3). Essa interface também apresenta ao aprendiz os objetos de aprendizagem que o CoolEdu considera relevantes para o apoio ao processo educacional.

O agente é quem torna a apresentação dessas sugestões pedagógicas contextualizadas e personalizadas ao aprendiz. Para isso, o Agente Interface, ao receber solicitações de envio de mensagens, analisa as preferências (*Preferences*) do perfil desse aprendiz e personaliza as mensagens, conforme necessário. Além disso, ele analisa os dados de contexto (mais precisamente, contextos de ambiente) em conjunto com o perfil do usuário (categoria *Preferences*), evitando assim interrupções e facilitando o recebimento de mensagens pelo aprendiz.

As análises realizadas pelo Agente Interface seguem o fluxo de ações:

1. receber solicitação de envio de mensagem para o aprendiz;
2. solicitar informações (*Preferences*) do aprendiz;
3. solicitar informações do contexto (contexto de ambiente e educacional);
4. analisar se a mensagem ainda é pertinente. Por exemplo, analisa, se em uma mensagem para interação social, o outro aprendiz, ainda está presente no contexto de ambiente;
5. analisar as preferências do aprendiz, para o contexto atual, e decidir em que formato enviar a mensagem:
 - a. formato de texto;
 - b. formato de vídeo;
 - c. formato de áudio.
6. analisar as preferências do aprendiz, para o contexto atual, e decidir quando enviar a mensagem:
 - a. enviar imediatamente;
 - b. aguardar, e analisar o momento de envio novamente, quando o aprendiz trocar de contexto.

4.2.3 Agente Social

O Agente Social auxilia no encontro de oportunidades pedagógicas, baseando-se para isso no conceito de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky.

A utilização de conceitos de Vygotsky em ambientes descentralizados de educação ubíqua apresenta-se como uma proposta adequada, pois, devido à mobilidade dos aprendizes, ambientes ubíquos são propícios para troca de informações entre eles. Apesar dessa troca de informação também ser possível em outros ambientes, como um ambiente de EAD pela internet, essa troca é facilitada em ambientes ubíquos, podendo inclusive utilizar dados de localização.

Como material para análise, na busca por oportunidades pedagógicas, o Agente Social usa dados do Agente Coletor. Essa análise realizada pelo Agente Social é norteadada pelos conceitos de ZDP de Vygotsky (1980; 1988; 1991; OLIVEIRA, 1999), onde a aprendizagem ocorre pela união de pares de aprendizes, usando o conceito de “par mais capaz”.

Esse trabalho não tem a pretensão de calcular formalmente a zona de desenvolvimento proximal dos aprendizes, pois essa tarefa só seria possível se existisse uma representação computacional perfeita dos aspectos psicológicos e emocionais dos aprendizes (PASSERINO, 2007; GLUZ, 2008). Por esse motivo, nesse trabalho, a ZDP é apenas estimada. Essa estimativa refere-se a um cálculo computacional realizado sobre dados do ambiente de educação e que tem como resultado um valor discreto, que se assemelha à ZDP proposta por Vygotsky, como proposto no trabalho de Andrade (2000, 2001, 2003). Assim sendo, a análise realizada pelo agente acompanha o seguinte fluxo de ações:

1. solicitar o perfil do seu aprendiz;
2. estimar magnitude dos interesses, baseada na ZDP;
3. solicitar os perfis dos demais aprendizes, limitados pelo contexto;
4. selecionar os aprendizes, pela teoria do “par mais capaz”;
5. ordenar os possíveis “pares mais capazes”;
6. enviar sugestões de interação entre esses aprendizes.

Os passos mais importantes do fluxo de ações apresentado são detalhados abaixo:

- Passo 2 (estimar magnitude dos interesses, baseada na ZDP): refere-se à estimativa dos elementos *Level* e *Magnitude* da categoria *Interest* do perfil do aprendiz. Essa estimativa é baseada na idade, nível educacional, e

conhecimentos já internalizados do aprendiz. Dessa forma, é estimado o nível de domínio sobre um conhecimento específico que o usuário poderá alcançar com o auxílio de um “par mais capaz”. Computacionalmente esse cálculo é realizado pela análise dos dados do aprendiz das categorias *History* e *Interest*;

- Passo 3 (solicitar os perfis dos demais aprendizes): Essa solicitação é feita ao Agente Coletor. O Agente Coletor retorna todos os perfis dos outros aprendizes presentes nos mesmos contextos do que o usuário em questão. Dessa forma, a lista de usuários está restrita aos contextos atuais;
- Passo 4 (selecionar os aprendizes, pela teoria do “par mais capaz”): essa seleção indica os aprendizes que podem auxiliar o aprendiz em questão a desenvolver seus conhecimentos, dentro do índice de magnitude (categoria *Interests* do perfil do aprendiz). Essa seleção considera os dados de contexto dos aprendizes (contexto de ambiente e educacional) e aspectos de personalidade do aprendiz (categoria *Personality Trait*). Durante esse processo de seleção, cada “par mais capaz” em potencial recebe um índice de interação. Esse índice é um valor que varia de zero a um, sendo calculado pela equação
$$I_i = R_p \times 0,25 + A_p \times 0,25 + D_c \times 0,25 + C_c \times 0,25$$
, onde as variáveis são:

- i. R_p : relacionamento prévio (direto) entre os aprendizes que formam o par (categoria *Relation* do perfil) e relacionamentos em comum entre ambos os aprendizes do par em questão (indireto). A equação que calcula essas relações é dada pela fórmula
$$R_p = R_d \times 0,75 + R_i \times 0,25$$
, onde as variáveis representam:

1. R_d : relacionamento direto entre os aprendizes que formam o par que está sendo avaliado, ou seja, se o par em questão já teve algum contato pelo sistema, o R_d será um, caso contrário será zero;
2. R_i : relacionamento indireto entre esses mesmos aprendizes, ou seja, para cada usuário que possui contato com ambos os aprendizes do par avaliado, o R_i aumenta em 0,20, até o máximo de um;

- ii. *Ap*: aspectos de personalidade semelhantes entre os aprendizes (categoria *Personality Trait* de ambos os aprendizes). O *matching* das personalidades é guiado pelo conceito de similaridade (BYRNE, 1961; BOOKER, 2007; CHOI, 2009). De acordo com esse conceito, indivíduos são mais propensos à interação com outros indivíduos que apresentem características de personalidade semelhantes. A equação que define esse valor é $A_p = P_a \times 0,20 + P_c \times 0,20 + P_e \times 0,20 + P_n \times 0,20 + P_o \times 0,20$, onde as variáveis estão relacionadas respectivamente aos aspectos de personalidade *Agreeableness*, *Conscientiousness*, *Extroversion*, *Neuroticism* e *Openness*. O valor de cada variável é inversamente proporcional à diferença entre cada aspecto de personalidade do par, e é calculado pela equação $P = 1 - |A_a - A_b|$, onde
1. A_a : aspecto psicológico em questão do usuário A, variando entre zero e um;
 2. A_b : o mesmo aspecto psicológico para o usuário B, também variando entre zero e um;
- iii. *Dc*: domínio do conhecimento tratado pelo “par mais capaz” (elemento *Level* da categoria *History* do perfil do pretendente a “par mais capaz”). Essa variável busca valorizar a criação de pares com níveis diferentes de conhecimento, sem que a diferença de conhecimento seja muito elevada entre os aprendizes que formam o par. Caso o domínio sobre o conhecimento em questão de ambos seja igual, o valor será 0,50, e esse valor acresce de 0,25 para cada nível de domínio que o usuário com maior conhecimento possuir, até um máximo de 1. Entretanto, caso a diferença de domínio entre par for maior que dois, 0,25 será descontado desse valor;
- iv. *Cc*: contextos em comum entre o par. Esse valor representa a probabilidade que ambos os usuários estejam presentes em um mesmo contexto. Quanto mais comum esse fato for, maior será o valor do

índice de interação. Para cada contexto em comum entre o par esse valor aumenta 0,20, até o máximo de um;

- Passo 5 (ordenar os possíveis “pares mais capazes”): Após o passo 5, o CoolEdu possuirá uma lista de possíveis pares, já limitada pelos contextos atuais, que através da colaboração, poderão auxiliar no desenvolvimento dos conhecimentos do aprendiz em questão. Entretanto, enviar várias mensagens, ao mesmo tempo, sugerindo a interação com várias pessoas, pode se tornar confuso ao aprendiz. Por esse motivo, é necessário ordenar os possíveis “pares mais capazes” e enviar a mensagem de estímulo à interação somente ao primeiro da lista. Caso, por algum motivo, o CoolEdu não possa enviar a mensagem de estímulo à colaboração ao primeiro da lista, o próximo da lista será considerado. A ordenação dos possíveis pares segue o índice calculado acima, entretanto, um fator adicional é avaliado antes do envio da mensagem. A disponibilidade de recebimento de mensagem no contexto atual (categoria *Preferences* do perfil do candidato a “par mais capaz”) é analisada e caso o sistema verifique que o usuário não deseja receber mensagens no contexto atual, ele é retirado da lista dando lugar ao próximo colocado.

O processo de aprendizagem também pode ser auxiliado utilizando-se para isso objetos de aprendizagem. Para que isso aconteça, antes do CoolEdu indicar uma possibilidade de colaboração entre aprendizes, são analisados os objetos de aprendizagem disponíveis no contexto atual (elemento *Context* da categoria *Education* do objeto de aprendizagem) que tratam do assunto abordado (elementos *General-knowledge* e *Special-knowledge* da categoria *Education* do objeto de aprendizagem) e que estejam dentro do nível de compreensão do aprendiz (elemento *Difficult* da categoria *Education* do objeto de aprendizagem). Dessa forma, o fluxo de ações executado pelo agente Social fica:

1. solicitar o perfil do seu aprendiz;
2. estimar magnitude dos interesses, baseada na ZDP;
3. solicitar os perfis dos demais aprendizes;
4. solicitar os objetos de aprendizagem adequados;
5. selecionar os aprendizes, pela teoria do “par mais capaz”;
6. ordenar os possíveis “pares mais capazes”;
7. enviar sugestões de interação entre esses aprendizes.

Outra responsabilidade do Agente Social é manter os dados do aprendiz atualizados e coerentes com o seu histórico de uso do CoolEdu. Para isso é usado o seguinte fluxo de ações, que ocorre periodicamente de acordo um parâmetro configurável do modelo proposto:

1. solicitar o perfil do seu aprendiz;
2. avaliar suas últimas ações educacionais (categoria *History* do perfil);
3. sugerir ao aprendiz a atualização dos conhecimentos trabalhados em seu perfil;
4. atualizar o perfil do seu aprendiz (categoria *Interests*).

Através dessa funcionalidade de auxílio a atualização de perfis, se torna possível manter atualizados os pares para colaboração no desenvolvimento de um conhecimento do aprendiz. Ao se alterar o nível de domínio que um usuário possui sobre um conhecimento, todos os pares relacionados a esse conhecimento tornam-se aptos a reavaliação. Essa reavaliação acontece no momento que outro usuário com conhecimento para ser o “par mais capaz” do aprendiz, em questão, entra em cena. Caso esse novo aprendiz possua um índice de interação maior que o índice de interação recalculado do antigo par, o aprendiz em questão pode aceitar a criação de um novo par, desfazendo assim, o antigo par que o incluía.

Como mostrado nesta seção, no CoolEdu o auxílio a colaboração acontece pela interação entre diferentes agentes espalhados em diferentes dispositivos móveis. Assim, pode-se dizer que o modelo proposto está projetado como um sistema de agentes heterogêneos (WOLF, 2005).

4.3 Modelagem Multiagentes

O CoolEdu é modelado como um sistema multiagentes, onde cada agente assume um papel próprio no sistema. Dessa forma, a sua utilização em um ambiente descentralizado é simplificada, conforme foi discutido no capítulo 2. Cada conjunto de serviços requerido do ambiente ubíquo também é tratado como um agente. Dessa maneira, pode se dizer que o CoolEdu é um sistema multiagentes heterogêneo capaz de suportar a educação em um ambiente descentralizado através do estímulo a colaboração entre os aprendizes.

A utilização de conceitos de Vygotsky em ambientes descentralizados de educação ubíqua apresenta-se como uma proposta adequada, como mostrado no capítulo 2. Por esse motivo, a modelagem multiagentes do CoolEdu foi realizada com foco nesse modelo pedagógico.

Para a modelagem multiagentes desse sistema foi utilizada a metodologia Prometheus (PADGHAM e WINIKOFF, 2002). Por esse motivo, as subseções seguintes descrevem a modelagem do sistema seguindo as etapas mais significativas da metodologia.

4.3.1 Objetivos

Os objetivos em um sistema orientado a agentes simbolizam o que o sistema tem por meta realizar e quais os objetivos e sub-objetivos necessários para essas metas serem alcançadas. Dessa forma, os objetivos do sistema organizam-se como uma árvore, onde os objetos mais perto das folhas devem ser atingidos primeiro, para que os que estão acima deles também sejam alcançados.

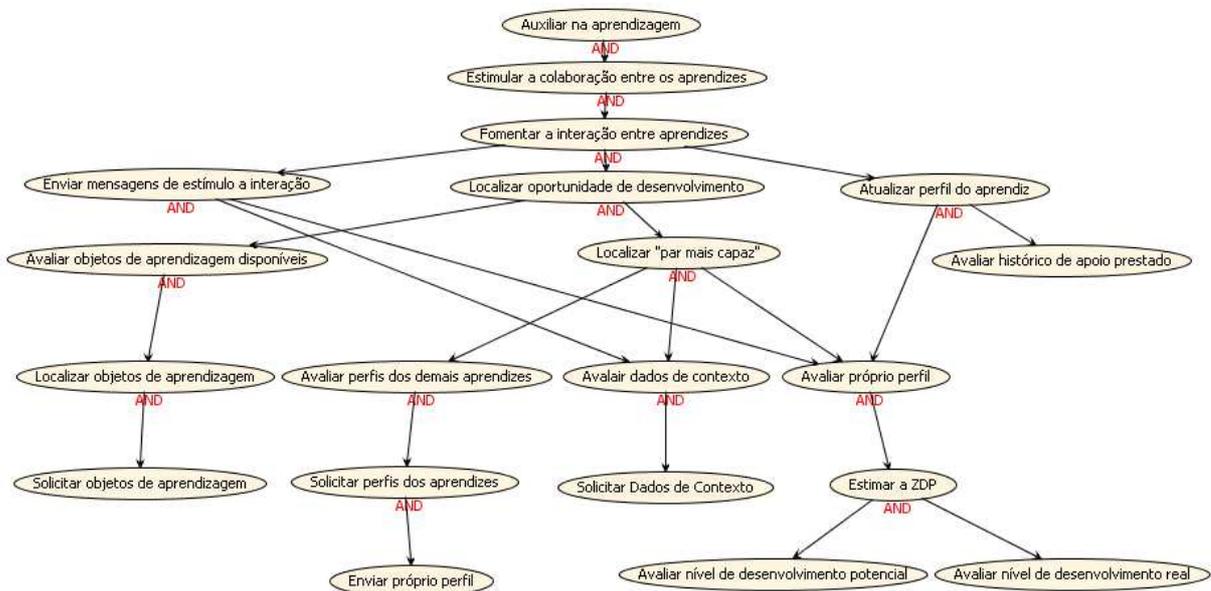


Figura 7 – Objetivos do Sistema.

Como pode ser observado na Figura 7, o objetivo principal do CoolEdu é AUXILIAR NA APRENDIZAGEM e, para isso, ele utiliza uma única abordagem: ESTIMULAR A COLABORAÇÃO ENTRE OS APRENDIZES, que por sua vez é almejada pela abordagem: FOMENTAR A INTERAÇÃO ENTRE APRENDIZES. Os três alicerces para alcançar tal objetivo, são: LOCALIZAR OPORTUNIDADES DE DESENVOLVIMENTO, baseando-se na abordagem da ZDP; ENVIAR MENSAGENS DE ESTÍMULO À INTERAÇÃO e ATUALIZAR PERFIL DO APRENDIZ, de acordo com seu histórico de utilização.

4.3.2 Cenários e Papéis (*Rules*)

No sistema multiagentes proposto existem cinco papéis que são distribuídos entre os agentes do sistema: EXPLORADOR DE OPORTUNIDADES EDUCACIONAIS, ATUALIZADOR DO

PRÓPRIO PERFIL, LOCALIZADOR DE OPORTUNIDADES EDUCACIONAIS, PROPAGADOR DO PRÓPRIO PERFIL, GERENTE DE PERFIS e GERENTE DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM. Cada papel está relacionado a um ou mais agentes, como mostrado na Figura 8.

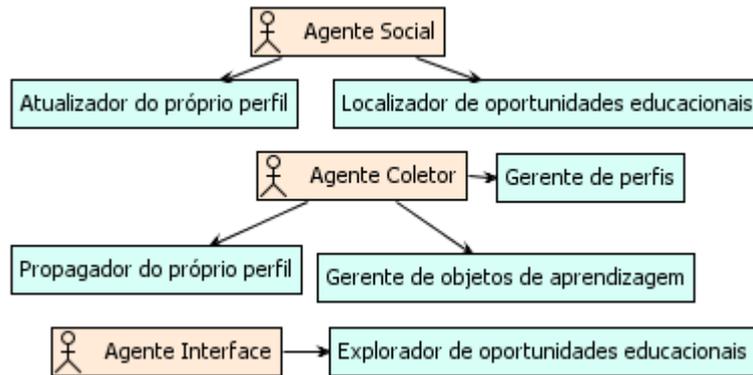


Figura 8 – Agentes e Papéis.

Os papéis ATUALIZADOR DO PRÓPRIO PERFIL e LOCALIZADOR DE OPORTUNIDADES EDUCACIONAIS são papéis do Agente Social. Isso quer dizer que as ações do Agente Social dentro do ambiente, sempre serão norteadas por tais papéis. É importante ressaltar que o papel EXPLORADOR DE OPORTUNIDADES EDUCACIONAIS, associado ao Agente Interface, não engloba toda a capacidade de explorar as oportunidades educacionais, mas sim, a ação de se comunicar com o aprendiz de forma apropriada, levando em consideração o perfil desse usuário e o contexto atual no qual ele está inserido. Por fim, o Agente Coletor atuará de forma passiva e ativa, pois atua respondendo a solicitações de outros Agentes Coletores, e buscando novos perfis quando houver mudança de contextos.

Na Figura 9, os papéis de cada agente podem ser vistos de forma mais detalhada, mostrando a relação dos papéis com cada objetivo e ações. Assim, é possível observar como o sistema busca realizar seus objetivos, compreendendo seu comportamento.

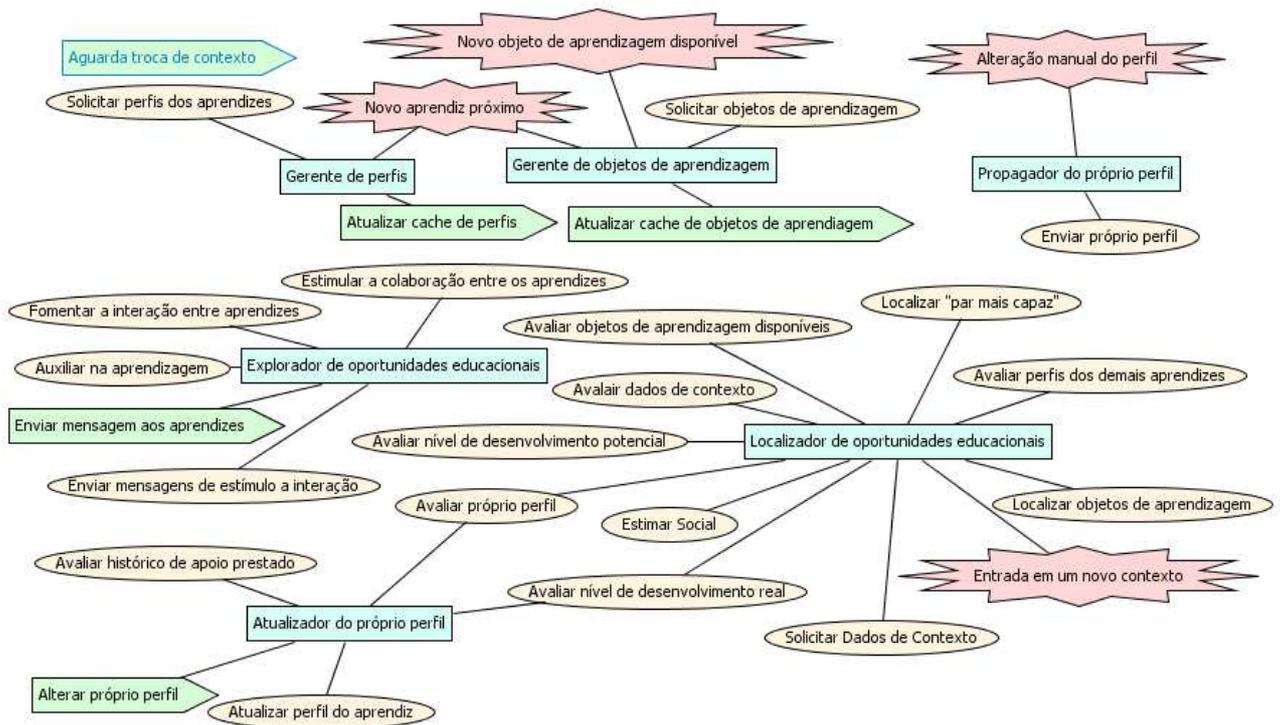


Figura 9 – Relacionamento entre papéis e objetivos.

4.3.3 Agentes

Nessa seção é detalhado como cada agente atua dentro do sistema multiagentes. Ainda nessa seção são mostradas as mensagens de comunicação entre os agentes, bem como serviços de suporte do ambiente de educação ubíqua.

A Figura 10 mostra a relação dos agentes dentro do sistema. Os Agentes COLETOR 2, SOCIAL 2 e INTERFACE 2 se referem aos agentes de um sistema CoolEdu em outro dispositivo.

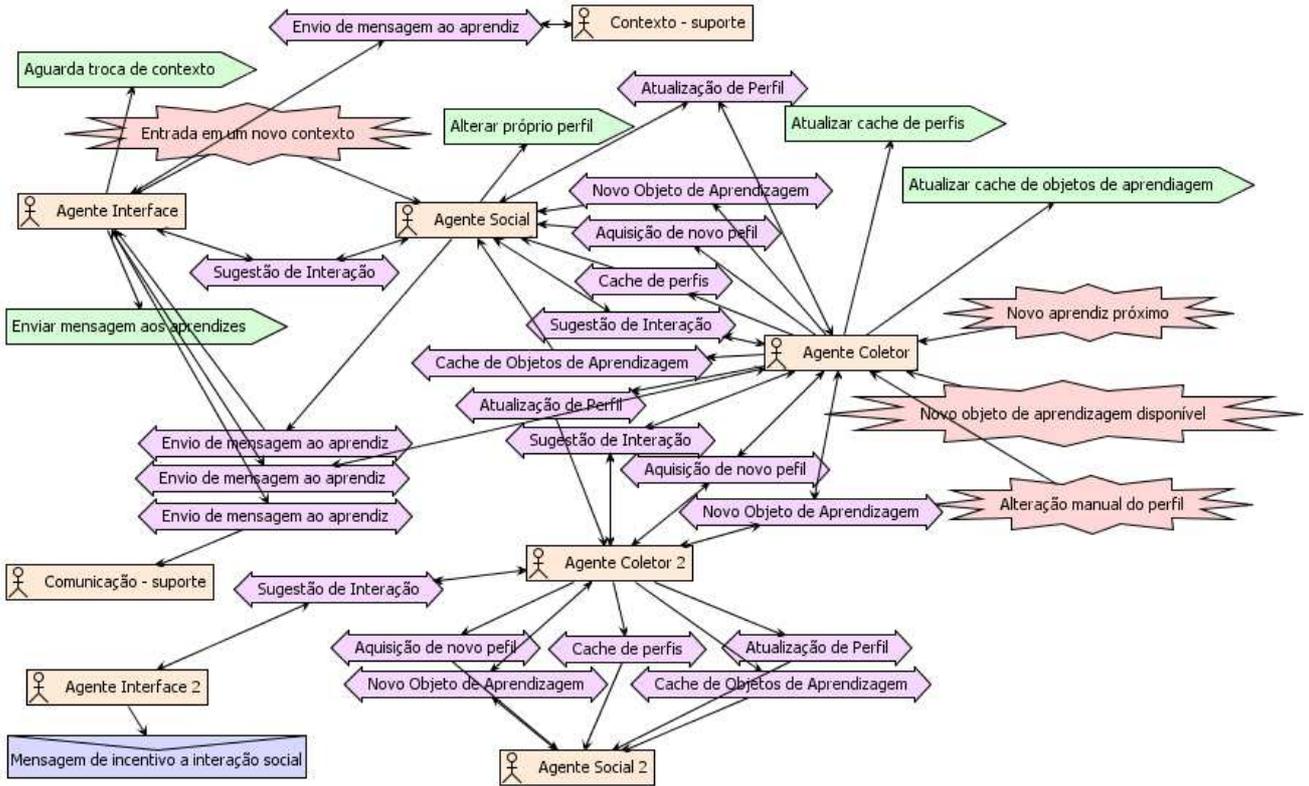


Figura 10 – Overview do CoolEdu.

4.3.3.1 Agente Social

O Agente Social é responsável pela análise dos dados no sistema, estimativa de índices baseados na ZDP, descoberta de oportunidades de aprendizagem, seguindo a teoria de “par mais capaz”, e atualização do perfil do usuário, de acordo com seu histórico dentro do sistema.

Esse agente realiza essas análises através da interação com os demais agentes. Para realizar essas análises o Agente Social solicita ao Agente Coletor o perfil do seu aprendiz e dos demais aprendizes. Da mesma forma, o Agente Social, ao necessitar interagir com o aprendiz, solicita ao Agente Interface que realize essa interação. A Figura 11 mostra as capacidades do Agente Social e quais eventos, mensagens e ações são referentes a cada uma delas.

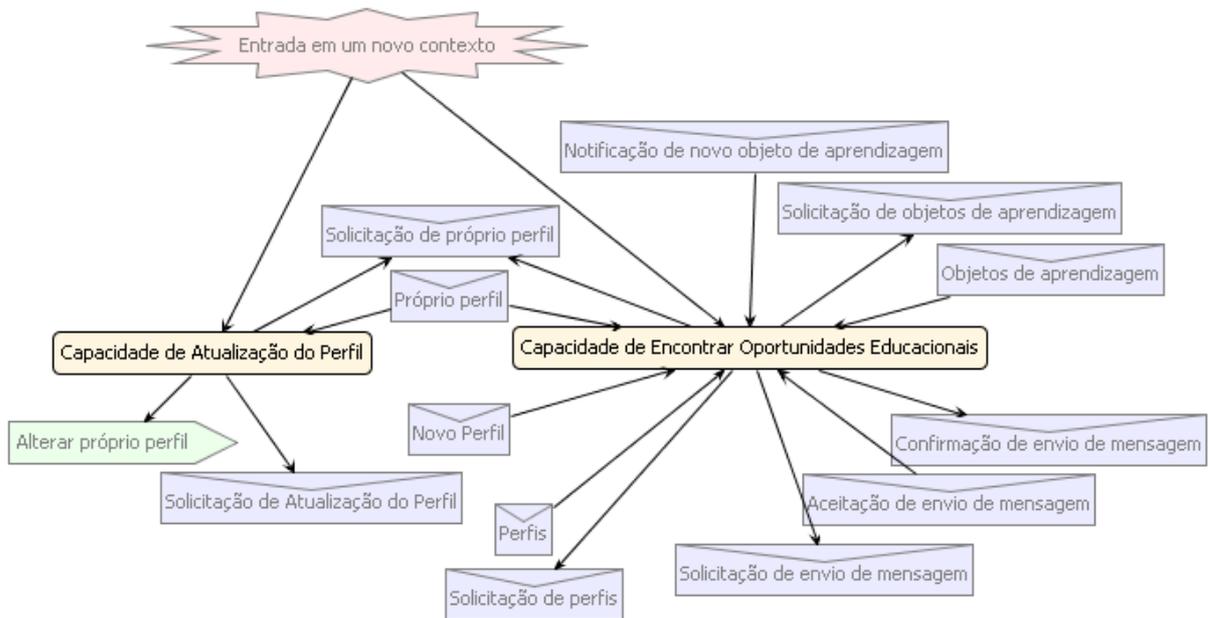


Figura 11 – Agente Social.

A análise realizada pela Agente Social é baseada na teoria do “par mais capaz”, apresentada por Vygotsky (1980; 1988; 1991; OLIVEIRA, 1999). Nessa teoria, duplas de aprendizes são unidas, de forma que o aprendiz, com maior conhecimento, transmita-o para aquele com menor conhecimento. Após certo período de tempo, essas duplas devem ser trocadas para que o aprendiz mais capaz de uma dupla também possa aprender ao assumir o papel de menos capaz em outra dupla. Essa troca de duplas é feita no CoolEdu sem uma intervenção direta, pois com o passar do tempo, o par menos capaz irá adquirir conhecimento e caso o par mais capaz não adquira mais conhecimento, com outra dupla, ele sairá da ZDP (zona de desenvolvimento proximal) estimada do aprendiz que está aprendendo.

O diagrama de seqüência da Figura 12, mostra como é o fluxo de dados para se realizar uma análise de “par mais capaz”.

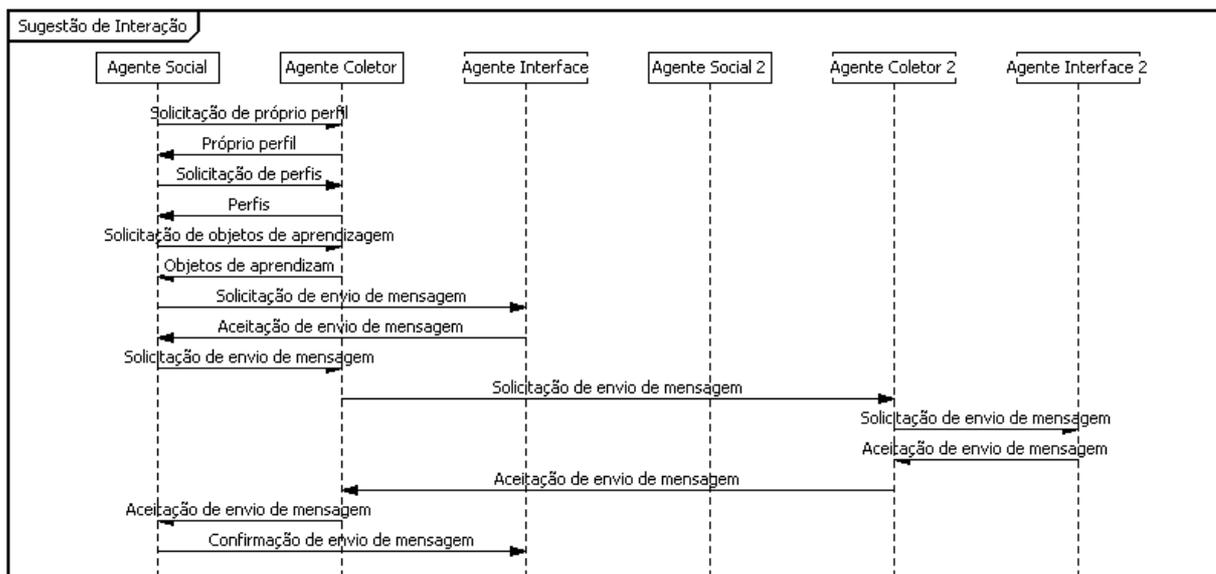


Figura 12 – Protocolo de comunicação de sugestão de interação.

Além disso, é de responsabilidade do Agente Social manter atualizado o perfil do aprendiz, de forma que o histórico de utilização sirva de base para retroalimentar esse perfil. O protocolo de comunicação entre o Agente Social e Agente Coletor pode ser visualizado pelo diagrama de seqüência da Figura 13. No diagrama Atualização de Perfil, pode-se observar o fluxo de comunicação entre os agentes quando o Agente Social de um dispositivo atualiza o perfil do usuário.

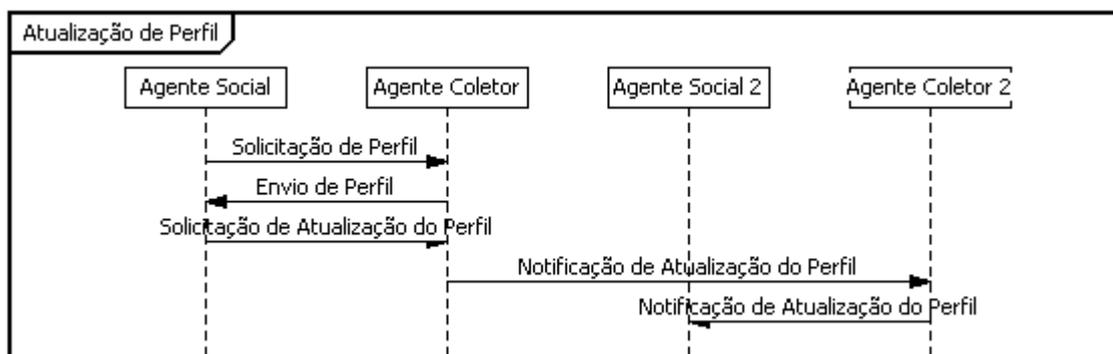


Figura 13 – Protocolo de comunicação da atualização de perfil.

4.3.3.2 Agente Coletor

O Agente Coletor é o agente responsável pelo gerenciamento dos perfis dos usuários. Conforme pode ser visto na Figura 14, a capacidade do agente de gerenciar perfis engloba as capacidades ATUALIZAR, PROPAGAR PERFIL e COLETAR PERFIL, suportando também os eventos ENTRADA EM UM NOVO CONTEXTO e DETECÇÃO DE NOVO APRENDIZ PRÓXIMO.

A CAPACIDADE ATUALIZAR permite que o usuário atualize manualmente seus dados de perfil, e que isso seja automaticamente informado ao Agente Social. Entretanto, é importante ressaltar que essa atualização é manual e não se relaciona à atualização feita pelo Agente Social de acordo com o histórico de utilização do sistema.

A CAPACIDADE DE PROPAGAR PERFIL e a CAPACIDADE DE COLETAR PERFIS estão relacionadas à entrada de um contexto e a detecção de um novo aprendiz, pois, sempre que um usuário entra em um novo contexto, o seu Agente Coletor estará coletando perfis de outros usuários e propagando o seu próprio perfil.

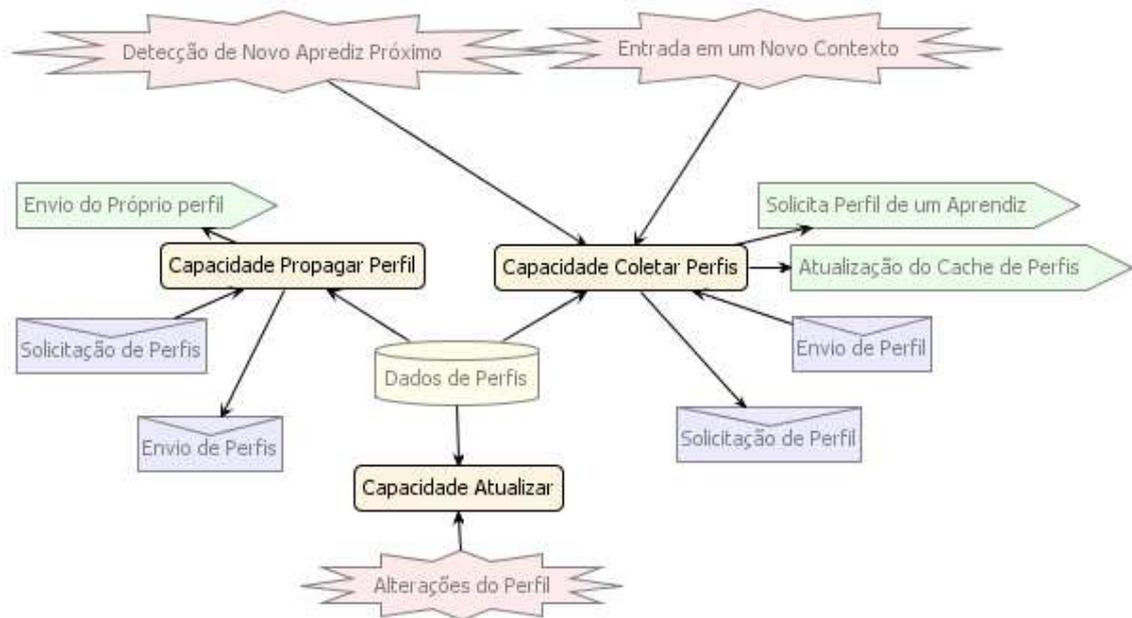


Figura 14 – Agente Coletor.

O formato do perfil gerenciado por esse agente é baseado no modelo proposto por Levis (2007), como apresentado na seção 4.2.1.

O diagrama de seqüência da Figura 15 apresenta o fluxo de comunicação executado pelo Agente Coletor ao entrar um novo aprendiz no seu contexto físico. Esse fluxo ilustra um cenário onde os Agentes Coletores de ambos os dispositivos não possuíam *cache* um do outro.

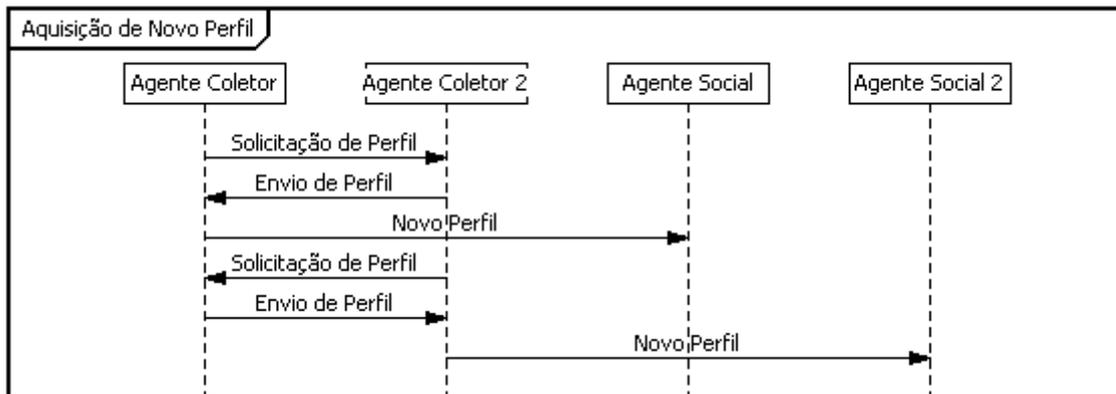


Figura 15 – Protocolo de comunicação de aquisição de novo perfil.

4.3.3.3 Agente Interface

O Agente Interface é o agente responsável pela comunicação final com o aprendiz. É ele que define qual o modo de comunicação será utilizado, e quando a mensagem será exibida. Essa análise é feita de acordo com o perfil do aprendiz, mais precisamente suas preferências e o contexto atual do aprendiz.

De acordo com o ambiente que o aprendiz se encontra, a mensagem pode ser suprimida ou alterada para melhor acesso ao aprendiz. Essa análise está englobada na CAPACIDADE DE MEDIAR, que pode ser observada na Figura 16.

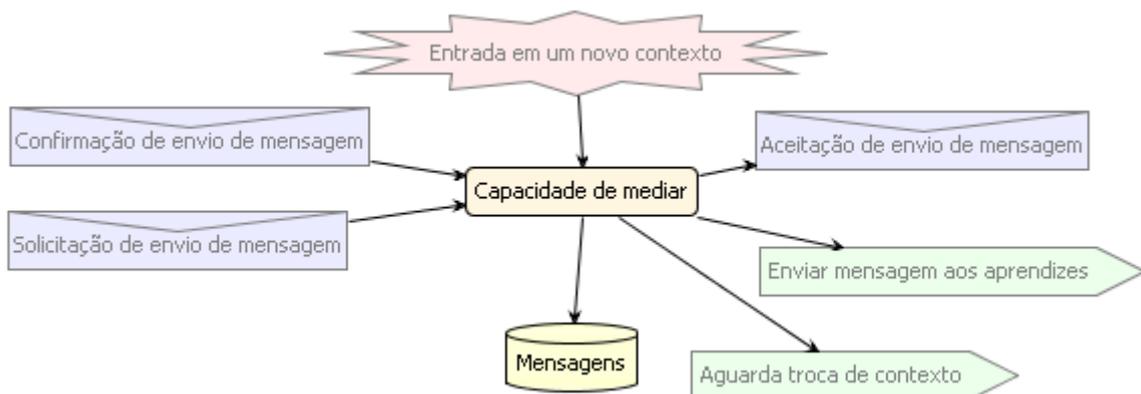


Figura 16 – Agente Interface.

O diagrama de seqüência da Figura 17 ilustra o fluxo de comunicação executado pelo Agente Interface quando recebe a solicitação de enviar uma mensagem ao aprendiz.

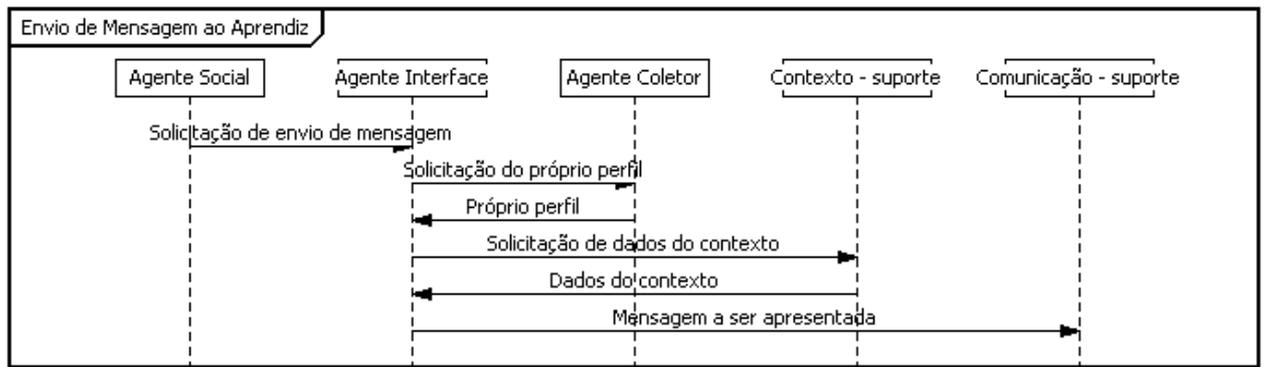


Figura 17 – Protocolo de comunicação da envio de mensagem ao aprendiz.

5 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

Neste capítulo estão descritos aspectos relacionados à implementação de um protótipo do CoolEdu e de um simulador de suas funcionalidades. Além disso, são apresentados o planejamento, a execução e os resultados dos experimentos realizados para a validação do CoolEdu.

Para a validação do modelo proposto foram realizados testes de usabilidade e funcionalidade com o CoolEdu. Esses testes foram executados utilizando-se o protótipo do modelo e, quando aplicável, um simulador de suas funcionalidades.

O primeiro dos testes realizados foi a integração do protótipo com uma infra-estrutura que desse suporte as requisitos especificados no modelo. Esse teste visou demonstrar a capacidade de integração do CoolEdu a infra-estruturas já existentes, e também serviu para construção de um protótipo completo e utilizável do CoolEdu.

Em seqüência, foi simulado um caso de uso, utilizando-se para isso o protótipo do CoolEdu integrado a uma infra-estrutura de suporte. Esse caso de uso buscou demonstrar a capacidade do CoolEdu de estimular a colaboração e com isso apoiar a educação em ambientes ubíquos. Além disso, foram exemplificadas algumas das oportunidades pedagógicas que ele explora em um ambiente ubíquo descentralizado.

Por fim, foi feito um experimento utilizando-se dados de voluntários. Esse experimento consistiu na coleta de dados de usuários através de um questionário, na utilização desses dados pelo simulador, na coleta das percepções dos usuários quanto às sugestões de formação de pares para colaboração e na análise desses dados.

5.1 Aspectos de Implementação

Para a aplicação dos testes foram realizadas duas implementações do CoolEdu. Uma dessas implementações foi um protótipo desenvolvido em J2ME para validação do modelo. A outra foi um simulador das funcionalidades do modelo, onde fosse possível executar testes usando como base os dados de vários voluntários.

A implementação do simulador teve como principal motivador a falta de acesso a dispositivos móveis que suportassem o protótipo do CoolEdu. No laboratório de pesquisa, existiam apenas três dispositivos que suportavam a aplicação. Outro motivo para a implementação desse simulador foi o paralelismo entre a implementação do protótipo e da infra-estrutura de suporte à sua execução. Uma vez que ambos os trabalhos deveriam ser

desenvolvidos simultaneamente e um trabalho dependia do sucesso do outro, optou-se por buscar uma solução alternativa (o simulador) para que fosse possível iniciar os testes de avaliação, sem a necessidade da que a infra-estrutura de suporte estivesse finalizada.

5.1.1 Protótipo

Para o desenvolvimento do protótipo do CoolEdu foi utilizada a linguagem Java. Os dispositivos alvos desse protótipo são equipamentos móveis compatíveis com J2ME (*Java 2 - Micro Edition*), MIDP 2.0 (*The Mobile Information Device Profile*) e CLDC 1.1 (*Connected Limited Device Configuration*). O protótipo foi testado nos seguintes equipamentos: Nokia N95, HTC Touch HD e HTC TyTN II.

O ambiente de desenvolvimento utilizado foi o Eclipse, com o *plugin* EclipseME, necessário para compilação de código J2ME. O compartilhamento do código-fonte foi gerenciado por um servidor SVN (*subVersion*), que, para funcionar de forma integrada com o Eclipse, necessita da extensão SubEclipse.

Foram feitos testes com as ferramentas Jason (BORDINI, 2007) e Jade (MORATIS, 2003), que são ferramentas atuais para o desenvolvimento de projetos com agentes. Entretanto, nenhuma das duas funcionou corretamente, de forma descentralizada, nos dispositivos móveis testados (Nokia N95, HTC Touch HD e HTC TyTN II). Por esse motivo, a implementação dos agentes foi feita diretamente na linguagem Java, o que exigiu maior tempo de implementação, sem inviabilizar, no entanto, o desenvolvimento desse protótipo.

A implementação do CoolEdu é formada pelas seguintes classes:

- *AgentCoolEdu*: é a classe base dos agentes no CoolEdu. A partir dessa classe as demais classes de agente são especializadas. Essa classe implementa a interface *Agent*, que define o que as demais classes do sistema devem esperar encontrar nas derivações de *Agent*. Essas classes podem ser vistas na Figura 18. Na mesma figura, é possível observar o design da interface *Listener*. Essa interface pode ser implementada para receber o retorno de uma chamada assíncrona, onde o método *onSucess* é chamado em caso de sucesso e *onFail* para falhas.

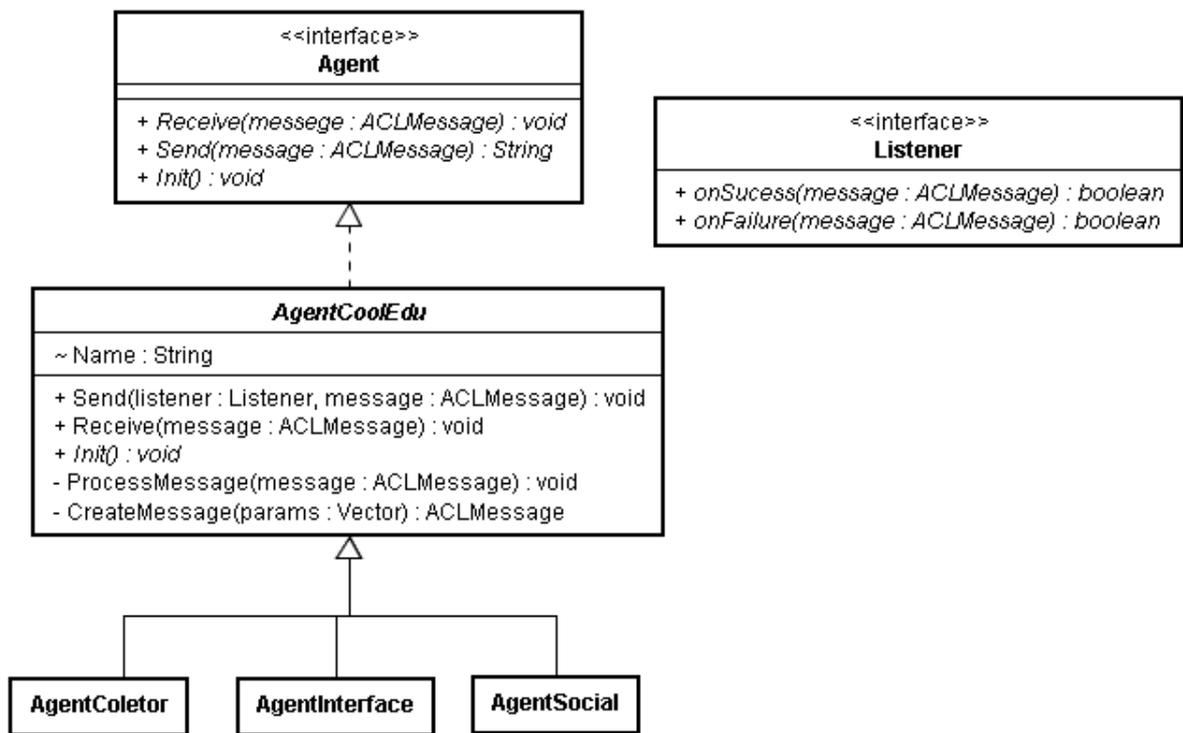


Figura 18 – Diagrama das interfaces *Agent* e *Listener*, e classe *AgentCoolEdu*.

- *AgentColetor*: é uma especialização da classe *AgentCoolEdu*. Esta classe implementa as funcionalidades do Agente Coletor. A Figura 19 apresenta os métodos e atributos desta classe.

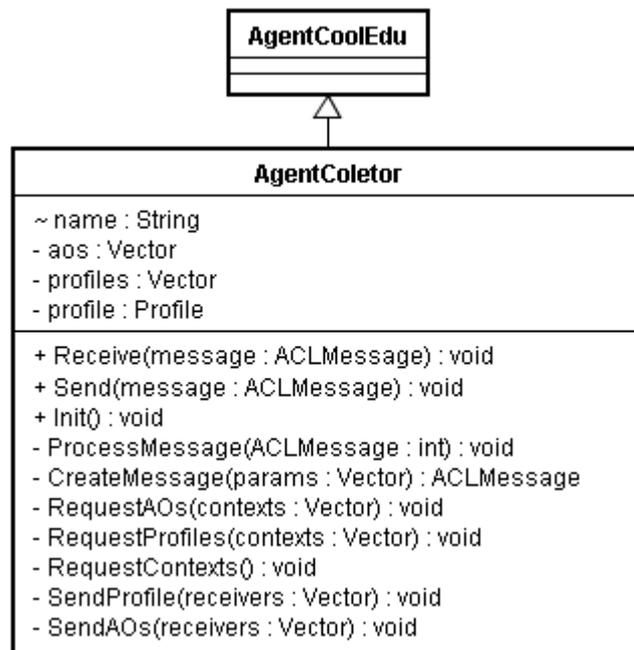


Figura 19 – Diagrama da classe *AgentColetor*

- *AgentSocial*: é a classe que implementa as funcionalidades do agente Social. O método que calcula o índice de interação é o *CalculateInteractionFactor (user:Profile, context:Context)*, o que pode ser visualizado na Figura 20.

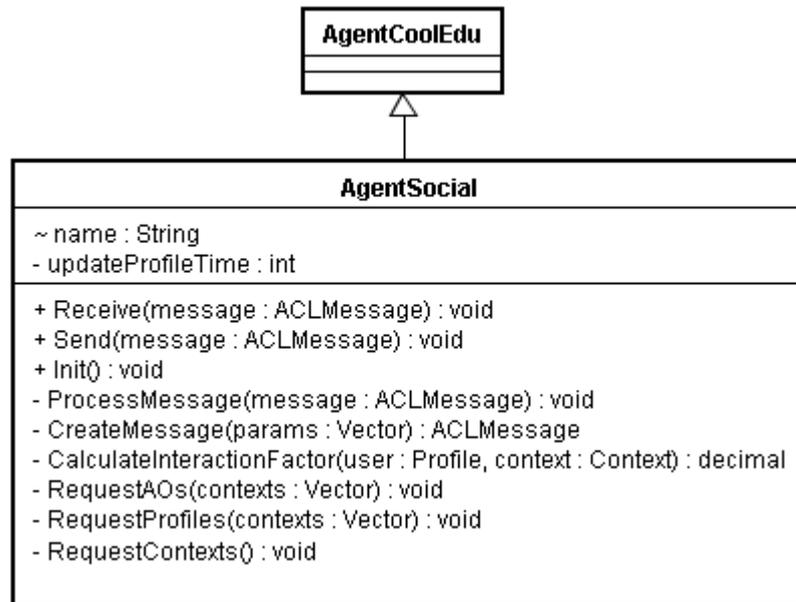


Figura 20 – Diagrama da classe *AgentColetor*

- *AgentInterface*: é a classe que implementa as funcionalidades do Agente Interface. O método que gera a mensagem que será exibida para o usuário é o - *CreateSugestion(user:Profile, ao:LearningObject, contexts:Vector, sugestionType:int):String*. Este método pode ser visualizado na Figura 21. Para a construção dessas mensagens são utilizados esqueletos de mensagens, onde são atribuídos valores aos campos em aberto. As mensagens são:
 1. “Olá. O usuário [USER_NAME] possui o mesmo interesse que você em [KNOWLEDGE_NAME], e já tem bastante experiência no assunto. Talvez vocês queiram iniciar uma conversa sobre isso. O email dele é [USER_EMAIL], ou você pode iniciar uma conversa via chat clicando [CHAT_URI].”
 2. “Olá. O usuário [USER_NAME] possui o mesmo interesse que você em [KNOWLEDGE_NAME], e já tem bastante experiência no assunto. Talvez vocês queiram iniciar uma conversa sobre isso. O email dele é [USER_EMAIL], ou você pode iniciar uma conversa via chat clicando

[CHAT_URI]. Caso tenha interesse o contexto [CONTEXT_NAME], do qual você faz parte, acaba de receber um novo objeto de aprendizagem, denominado [LO_NAME] (formato [LO_TYPE]). Para acessá-lo, clique [LO_URI].”

3. “Olá. O contexto [CONTEXT_NAME], do qual você faz parte, acaba de receber um novo objeto de aprendizagem, denominado [LO_NAME] (formato [LO_TYPE]). Para acessá-lo, clique [LO_URI].”

4. “Olá. O usuário [USER_NAME] faz parte do contexto [CONTEXT_NAME], que pode lhe interessar. O contexto trata de [Vector[CONTEXT_LEARNING]], fica é ativo na [Vector[CONTEXT_ENVIRONMENT]] e os usuários [Vector[CONTEXT_USER_NAMES]] fazem parte dele. Você gostaria de fazer parte desse contexto? [YES] [NO].”

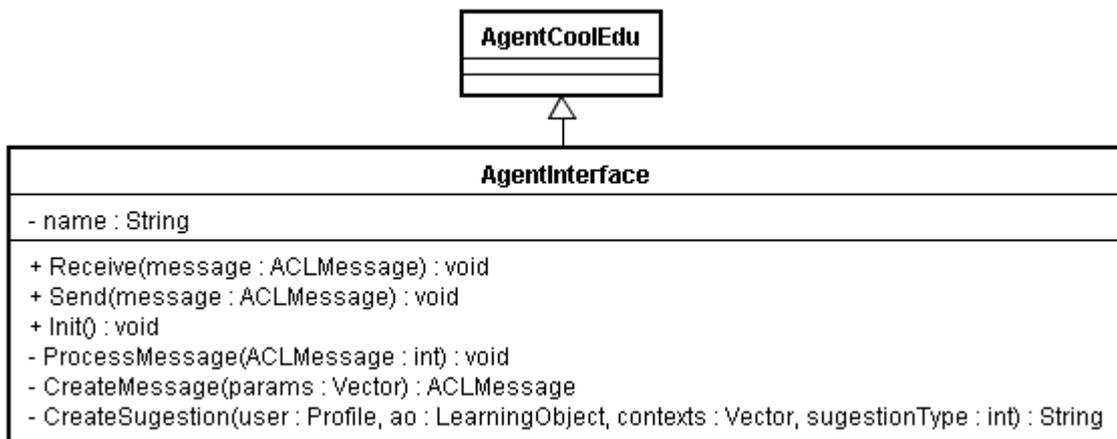


Figura 21 – Diagrama da classe *AgentInterface*

ACLMessage: essa classe contém as especificações de mensagens no padrão FIPA-ACL, conforme visto no diagrama da Figura 22. Por uma questão de visibilidade foram suprimidos os métodos da classe *ACLMessage*. Estes métodos podem ser vistos no Apêndice A. Também é possível observar na imagem a classe *ACLContentMessage*, que é responsável pela serialização do campo *-content* da mensagem. Essa serialização foi feita manualmente, usando o estado da instância em memória. Isso foi necessário porque o J2ME não possui mecanismo nativo de serialização.

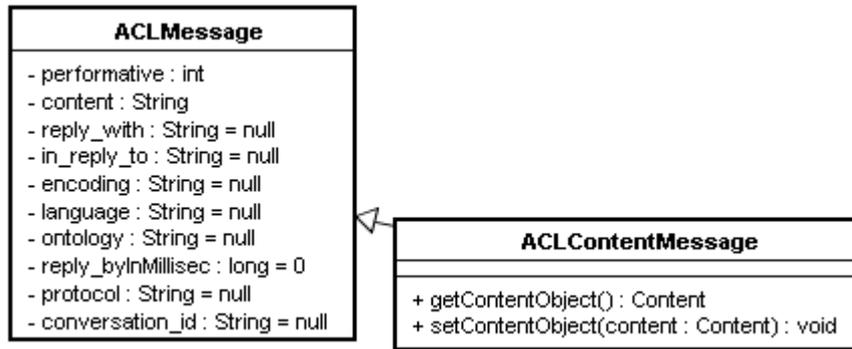


Figura 22 – Diagrama resumido das classes *ACLMessage* e *ACLContentMessage*

A camada de persistência, necessária para persistir os dados na memória não-volátil dos dispositivos foi desenvolvida com o auxílio da biblioteca *Perst lite*, que é um banco de dados embarcado e orientado a objetos, ODBMS (*object-oriented embedded database management system*).

5.1.2 Simulador

Para possibilitar a execução de experimentos com usuários reais foi desenvolvido um simulador das funcionalidades do CoolEdu. Esse simulador foi implementado na linguagem C#, utilizando a tecnologia .NET. O simulador foi integrado a um *website*, criado para auxiliar na etapa de coleta dos perfis dos usuários.

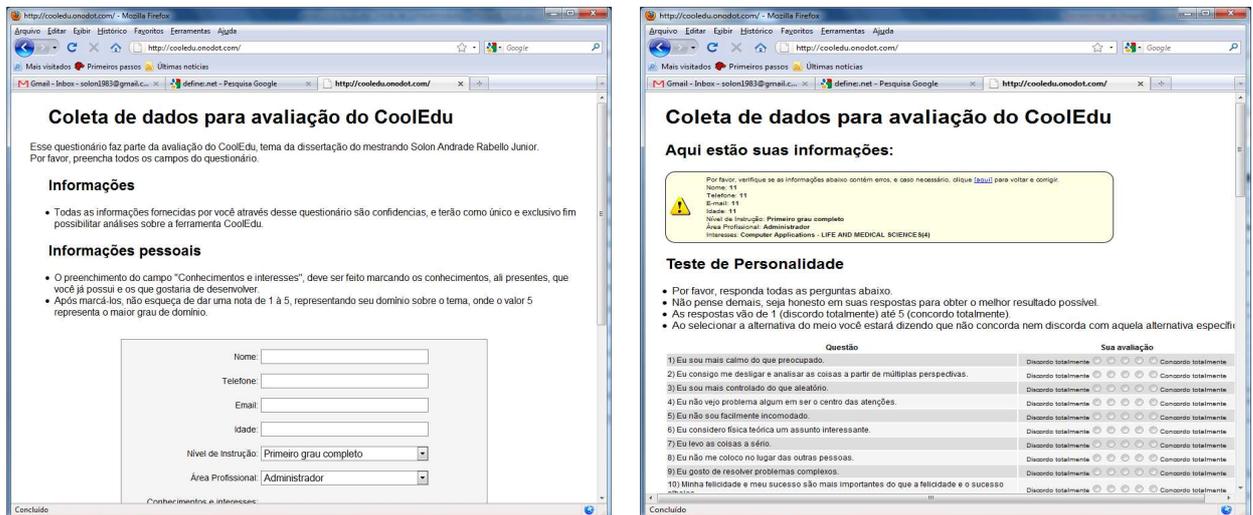


Figura 23 – Screenshots da página para coleta de perfis.

O site foi desenvolvido usando a linguagem PHP com o banco de dados MySQL. A ferramenta para coleta de perfis foi publicada *online* no endereço <http://cooledu.onodot.com/>, e pode ser visualizado na Figura 23. A ferramenta para avaliação do sistema de sugestão de

pares está em <http://cooledu.parte2.onodot.com/> e uma *screenshot* pode ser visualizada na Figura 24.

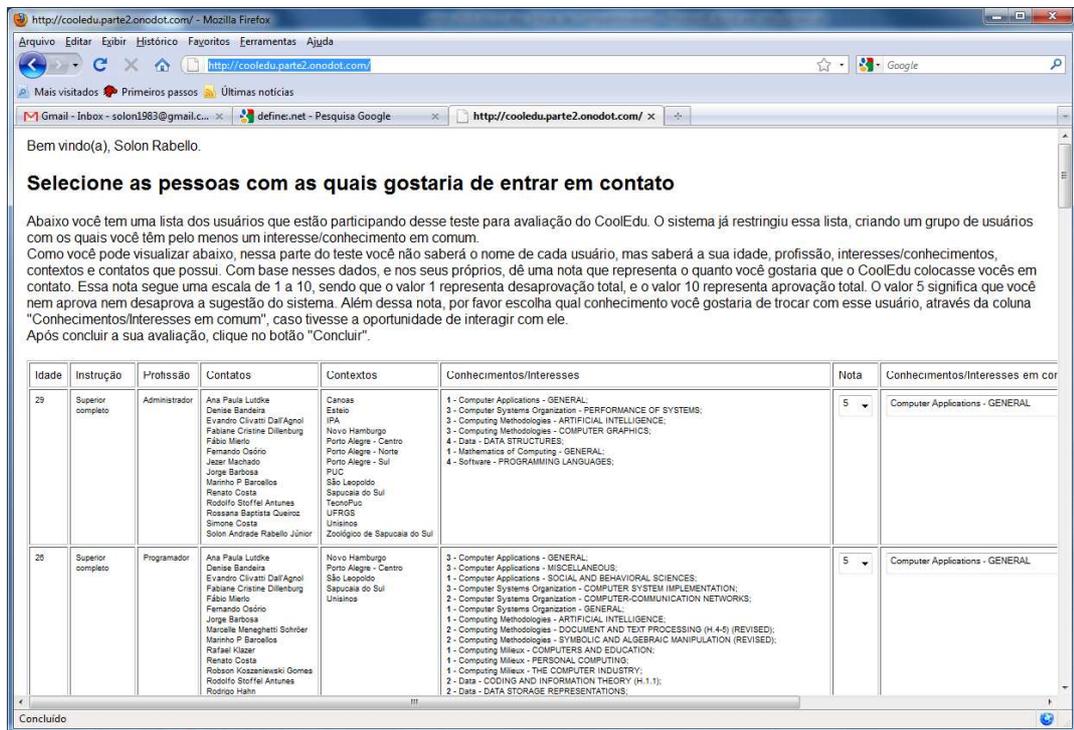


Figura 24 – Screenshot da página para avaliação da sugestão de pares

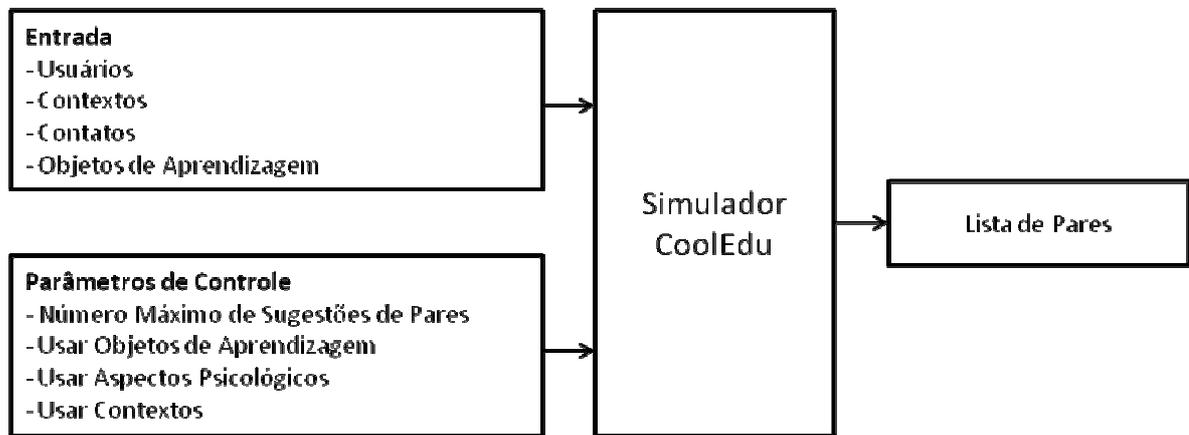


Figura 25 – Estrutura do simulador do CoolEdu

O simulador também pode ser utilizado separadamente da página web, como uma máquina de estados controlada por um *script* de execução juntamente com um conjunto de dados, dando como retorno listas de pares de usuários, conforme ilustrado na Figura 25. Esse simulador utiliza a modelagem de eventos discretos e possui o seguinte conjunto de parâmetros de controle:

- Número de pares por usuário: informa o número máximo de pares dos quais um usuário pode fazer parte durante a simulação;
- Utilização, ou não, de objetos de aprendizagem: informa se os objetos de aprendizagem podem ser avaliados no momento da sugestão de criação de um par para colaboração;
- Análise, ou não, dos perfis psicológicos dos aprendizes: informa se o perfil psicológico dos aprendizes será avaliado, pelo simulador, na análise à procura de pares para colaboração;
- Análise, ou não, dos contextos: informa se os contextos dos aprendizes serão analisados pelo simulador enquanto procurar por pares para colaboração.

Além dos parâmetros de controle mencionados acima, alguns outros dados são inseridos no simulador:

- Objetos de aprendizagem: lista dos objetos de aprendizagem que estão disponíveis para análise;
- Contextos: contextos conhecidos para o simulador, incluindo localização, dados temporais e dados de conhecimento de cada contexto;
- Perfis de usuários: lista dos perfis de usuários que fazem parte da simulação, incluindo nesses dados todos os aspectos psicológicos existentes no modelo apresentado no Capítulo 4.

O simulador analisa os dados de entrada à procura de pares onde possa haver colaboração. Dessa forma, após processar os dados de entrada, o simulador, tem como saída um arquivo Excel contendo uma lista de sugestões de pares de usuários para desenvolvimento de um conhecimento, juntamente com um índice – variando de zero a um – que indica o quão adequada é a criação desse par, pelo CoolEdu. Na Figura 26 pode ser visualizado um exemplo de saída do simulador.

User	Usuários	Notas dadas pelos usuários	Índices de Interação A	Índices de Interação B
39	35	5	5,12	5,02
39	34	5	5,2	5,35
39	24	5	5,53	5,94
39	38	6	5,56	5,73
39	32	6	6,36	6,36
39	25	6	7,54	7,79
39	37	8	6,98	6,8
39	26	8	7,23	7,48
39	28	8	8,87	8,39
39	31	9	9,23	8,89

Figura 26 – Saída do simulador de sugestão de pares para colaboração do CoolEdu

As análises são feitas sempre usando um usuário como base para comparação com os demais, ou seja, o simulador executa suas ações como se estivesse no dispositivo de um usuário específico durante a procura de pares para colaboração.

Nesse simulador é possível abstrair a questão de contextos. Essa abstração é possível marcando o parâmetro de entrada “contextos” como falso. Dessa forma, durante a execução do simulador é considerado que todos os usuários estão no mesmo contexto durante a procura de pares de aprendizagem.

5.2 Aspectos de Avaliação

Para avaliação do modelo proposto foram projetados três testes. No primeiro deles foi feita a integração do CoolEdu com a infra-estrutura para criação de ambientes ubíquos de aprendizagem. Nesse teste foram apontados os problemas encontrados no processo de integração, e como eles foram resolvidos.

No segundo teste foi simulado um caso de uso, utilizando-se para isso o protótipo já integrado a infra-estrutura de suporte. Neste teste ações foram simuladas passo a passo, e em cada passo foi discutido o comportamento do protótipo e o efeito de suas ações no ambiente.

O terceiro teste, o experimento com voluntários, foi feito em quatro etapas. Na primeira delas os usuários informaram um perfil básico e realizaram um teste de personalidade baseado no Big Five (BARRICK e MOUNT, 1991; BOOKER, 2007; CHOI, 2009; SAUCIER, 1998), através de uma página da internet publicada em <http://cooledu.onodot.com>. Em seguida foram realizadas simulações no CoolEdu utilizando esses dados. Após esse processo, os usuários deram suas opiniões sobre quais pares gostariam de formar com os demais usuários para o desenvolvimento de um determinado conhecimento. Por fim, foram realizadas análises estatísticas de modo a comprovar a correlação entre os resultados apontados pelos usuários e os resultados encontrados pelas simulações do CoolEdu.

5.2.1 Integração do CoolEdu em um Ambiente de Educação Ubíqua

Essa avaliação teve por objetivo verificar o isolamento do CoolEdu e a sua capacidade de integração. Essa integração foi realizada com o ambiente descentralizado de educação ubíqua Global¹. A Figura 27 apresenta a estrutura do Global.

¹Dissertação do mestrando Jezer Machado de Oliveira, apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos em Fevereiro de 2010.

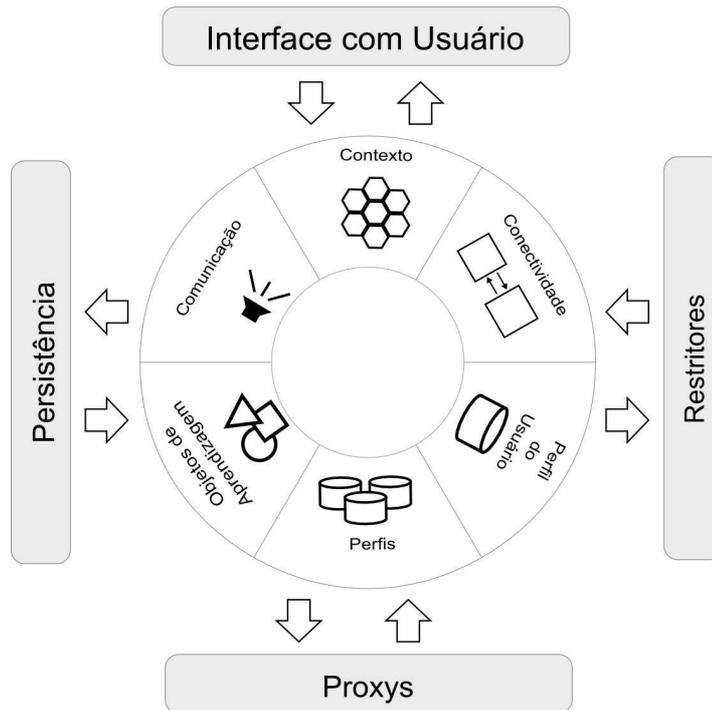


Figura 27 – Estrutura do Global

Para facilitar a comunicação entre os agentes do CoolEdu e do Global, optou-se por integrar diretamente os agentes na estrutura do Global. Para isso foi usado o padrão de projeto *Adapter* (Gamma et al, 2005), onde uma classe *Adapter* é usada para ligar as interfaces de cada classe do CoolEdu, com cada classe do Global. Essa abordagem se mostrou necessária devido a adaptações de semântica e conteúdo de algumas mensagens trocadas entre os agentes dos dois sistemas. Por exemplo, a figura 28 apresentam como seria a classe adapter entre o AgentCoolEdu e AgentGlobal e suas derivações.

que o CoolEdu possa ser integrado no Global foi exigida a especialização da classe contexto. Dessa forma, foi adicionado o limitador “aspectos de informação” ao contexto. Essa modificação pode ser observada na Figura 29, onde os itens marcados em cinza foram criados ou adaptados para suportar o CoolEdu no Global;

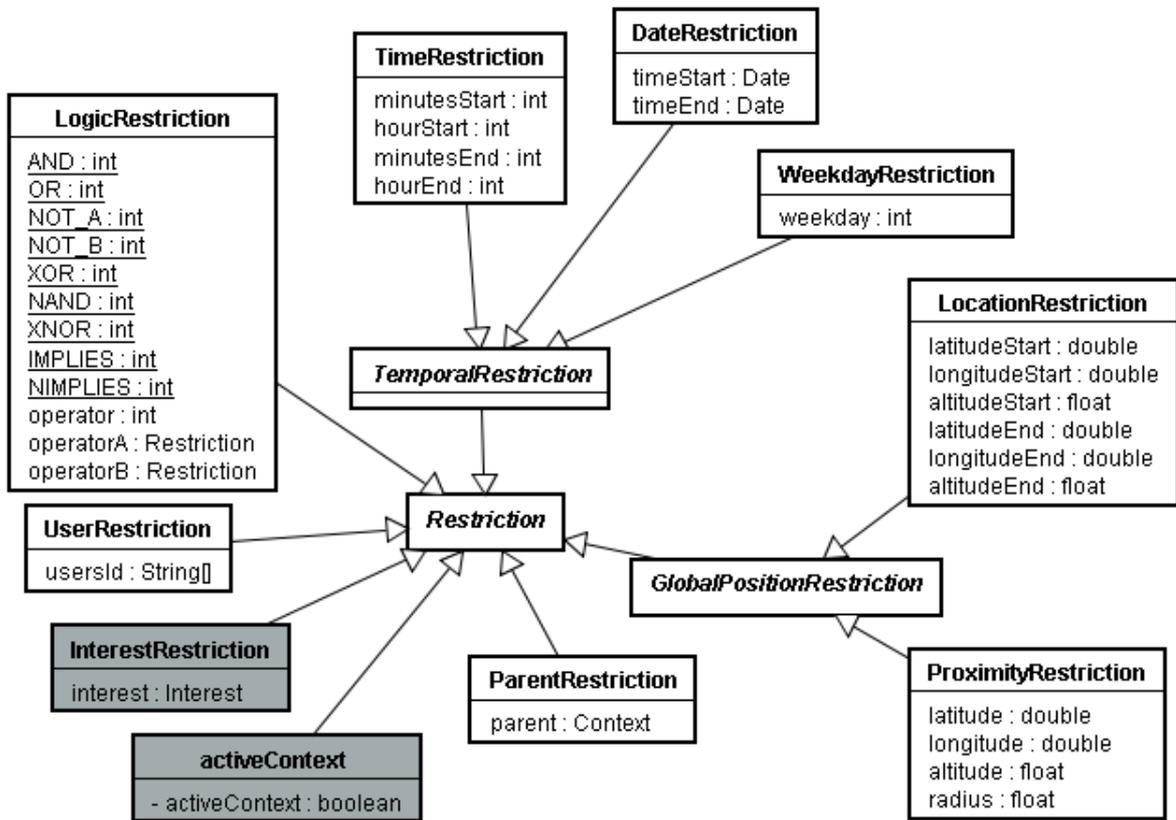


Figura 29 – Restritores Após Integração

- Alteração na Distribuição de Contextos Conhecidos: o CoolEdu define dois tipos de relação que o usuário pode possuir com um contexto, relação de inclusão e relação de ativação. Sendo assim, pode-se afirmar que no CoolEdu o usuário está incluído em um contexto quando seus interesses são os mesmos que são trabalhos no contexto e que o usuário está ativo em um contexto quando todos os aspectos de ambientes estão satisfeitos naquele momento. Para replicar esses conceitos no Global foi necessário especializar a forma de disseminação de contextos entre os usuários. De modo que, ao receber um contexto, o CoolEdu define se o seu usuário está incluído nesse contexto, ou se ele simplesmente o está armazenando para ser propagado no futuro. Esse controle é feito pela variável *used* que fica presente no contexto. Essa

modificação pode ser observada na Figura 29. O `activeContext` foi o booleano inserido para realizar esse controle;

- Alteração do Perfil do Usuário: o CoolEdu teve que especializar a classe perfil de usuário, de forma que todas as informações relevantes para o sistema fossem armazenadas na infra-estrutura Global. Dessa forma, foram incluídas as informações psicológicas do usuário, além de informações relacionadas aos conhecimentos e interesses do aprendiz. Essas alterações podem ser visualizadas na Figura 30, onde os itens em cinza foram alterados ou adicionados.

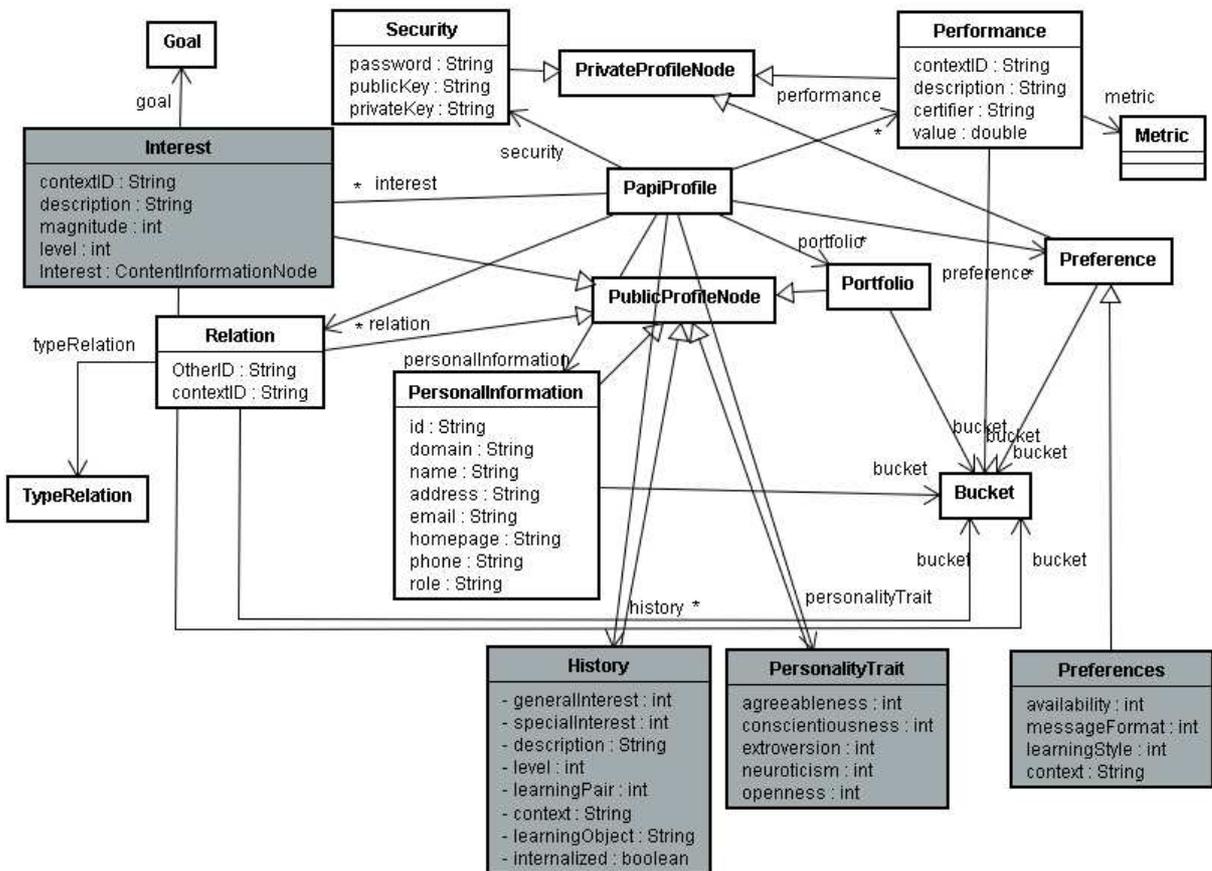


Figura 30 – Perfis de usuário do Global após Integração

5.2.2 Simulação de Cenário de Uso

Essa avaliação teve por objetivo avaliar uma situação onde o CoolEdu realiza análise sobre o perfil do aprendiz, o contexto no qual está inserido e os objetos de aprendizagem disponíveis. Nesse teste são mostrados alguns detalhes do processo de *matching* de perfis para sugestão de criação de pares e as comunicações realizadas entre os agentes do CoolEdu e do

Global. Além disso, são exemplificadas a sugestão de criação de um par para colaboração baseado no conceito de “par mais capaz” e a oferta de objetos para apoio ao processo de aprendizagem (objetos de aprendizagem – OA), realizados pelo CoolEdu.

A simulação foi implementada com o emulador da suíte *Sun Java Wireless Toolkit* (SJWT, 2010). Foram criadas seis instâncias do emulador executando o Global integrado ao CoolEdu, que representam os aprendizes (A,B,C,D, E e F). As informações de perfis e os objetos de aprendizagem que cada aprendiz possuía foram pré-carregados na inicialização das instâncias e a movimentação dos aprendizes foi simulada através de um *script* XML, representando os deslocamentos no espaço.

A situação que foi simulada é a seguinte: seis aprendizes deslocam-se das suas casas até suas respectivas salas de aula. O deslocamento se dá através do metrô. As etapas correspondentes ao deslocamento são exibidas na Tabela 5, e são explicadas em mais detalhes a seguir:

- **Momentos 1, 2 e 3:** os aprendizes se deslocam das suas casas até a estação. Na estação, os usuários entram no contexto TREM. O Agente de Contexto (Global) do usuário A notifica o seu Agente Social (CoolEdu), que solicita ao Agente Coletor (CoolEdu) os perfis dos usuários presentes no contexto. O Agente Coletor, por sua vez, retorna os perfis dos usuários B, C e D. O Agente Social, ao comparar o perfil do usuário A com os outros perfis, encontra um interesse em comum com os usuários C e D (no caso, o gosto pelo jogo de xadrez) e calcula o índice de interação para ambos, chegando respectivamente nos valores 0,76 e 0,84. Usando como critério o maior índice, o Agente Social notifica o Agente Interface (CoolEdu), que tenta enviar uma sugestão de contato entre os usuários A e D. O Agente Interface do usuário D nega o pedido de envio da mensagem, pois o usuário D configurou o contexto TREM como *unavailable* para recebimento de sugestões de criação de pares. O Agente Social é notificado da negativa pelo Agente Interface e requisita contato com o segundo da fila, o usuário C. O Agente Interface do usuário A então envia uma mensagem ao Agente Interface do usuário C, sugerindo que os aprendizes A e C entrem em contato. O Agente Social do usuário C analisa o perfil do seu aprendiz e aceita a sugestão. Logo após, cada instância envia a sugestão para seu respectivo utilizador. Essas sugestões são tratadas de acordo com as preferências configuradas por cada usuário;
- **Momento 4:** depois de trocar algumas mensagens através do Agente de Comunicação (Global), o aprendiz C cria um contexto público com uma restrição por interesse

(xadrez) e outro de ambiente [CoolEdu], ou área [Global] (compreendendo a área próxima ao trajeto do TREM). Dessa forma o contexto seria uma forma de ocupar o tempo livre, gasto dentro do TREM, dos usuários com atividades relacionadas ao jogo de xadrez;

- **Momento 5:** O Agente de Conectividade (Global) do usuário C notifica da criação do novo contexto todos os Agentes de Contexto acessíveis. O Agente de Contexto do usuário D, que havia negado a interação iniciada pelo usuário A anteriormente, informa o seu Agente Social sobre o novo contexto. O Agente Social, por sua vez, analisa o perfil do seu respectivo aprendiz, e ao constatar que o contexto criado é relacionado aos seus interesses, o Agente Social solicita ao Agente Interface que notifique o usuário D;
- **Momento 6:** o usuário D, pela recomendação recebida da sua instância do Agente Social, aceita participar do contexto criado anteriormente pelo usuário C. Além disso, o usuário D possui entre seus objetos de aprendizagem um tutorial sobre técnicas avançadas de xadrez. Através do Agente de Contexto o usuário D disponibiliza o tutorial no contexto em questão;
- **Momento 7, 8 e 9:** os Agentes Coletores dos usuários A e C, notificam seus usuários do novo objeto de aprendizagem no contexto. O usuário C opta por não adquirir o novo objeto, enquanto que o usuário A aceita o *download* do arquivo correspondente ao novo objeto, e através do Agente de Objetos de Aprendizagem (Global) é iniciada a aquisição do OA.

Tabela 5 – Detalhamento da simulação do caso de uso

Momento	Início	Local	Ações	Atores	Descrição
1	08:00:00 02/11/09	Casa dos aprendizes	Deslocamento até o metrô.	Aprendizes A, B, C, D, E, e F	Deslocamento até a estação.
2	08:20:00 02/11/09	Estação Mercado (1)	Requisição de perfis. Envio de perfis. Busca por oportunidades pedagógicas. Envio de mensagens.	CoolEdu A, C e D	CoolEdu do aprendiz A localiza o aprendiz C e D, pelo interesse em xadrez. Os usuários A e C são alertados, conforme as opções de mensagem pré-configuradas. É estabelecido contato entre os dois aprendizes. O aprendiz D fica de fora, pois as opções de privacidade do contexto impedem o CoolEdu A de enviar mensagens.

3	08:21:00 02/11/09	Estação mercado (1)	Recebimento de mensagens. Comunicação via <i>chat</i> .	Aprendizes A e C	Aprendizes A e C recebem uma sugestão para que conversem sobre o tema <i>Xadrez</i> , e passam a conversar via <i>chat</i> .
4	08:25:00 02/11/09	Estação Rodoviária (2)	Criação de contexto.	Aprendiz C	Aprendiz C cria contexto com dados educacionais (<i>xadrez</i>) e de ambiente (trajeto de metrô Mercado - Unisinos / todos os dias).
5	08:26:00 02/11/09	Estação Rodoviária (2)	Notificação de contexto.	CoolEdu A, B, C, D, E e F	Todos os CoolEdu são notificados da criação de um novo contexto.
6	08:31:00 02/11/09	Estação São Pedro (3)	Entrada em contexto. Criação de vínculo entre contexto e OA.	Aprendiz D	Aprendiz D recebe notificação e aceita participar do contexto, disponibilizando um OA para todos os integrantes do contexto.
7	08:35:00 02/11/09	Estação São Pedro (3)	Notificação de atualização de contexto.	CoolEdu A, C e D	Aprendiz A e C são notificados sobre a disponibilidade um novo OA por seus CoolEdus
8	08:37:00 02/11/09	Estação Farrapos (4)	Mensagem de atualização de contexto. Solicitação de OA.	Aprendizes A e C	Aprendiz A solicita o <i>download</i> do novo objeto, enquanto que o aprendiz C o rejeita.
9	08:37:00 02/11/09	Estação Farrapos (4)	<i>Download</i> de OA.	CoolEdu C e D	CoolEdu C inicia o <i>download</i> do objeto a partir do dispositivo do aprendiz D.

Esse caso de uso demonstrou as funcionalidades de criação e propagação de contextos. Nessa demonstração pôde-se perceber que todos os usuários receberam a notificação quanto ao novo contexto criado. Até mesmo os usuários que não tinham interesse no assunto abordado pelo novo contexto receberam a notificação, mas para esses usuários o contexto foi marcado como inativo.

Além disso, foi exemplificado o envio de sugestões de pares para desenvolvimento de um conhecimento. Nesse exemplo também foi observado o efeito que as configurações de privacidade relacionadas a contextos possuem sobre o sistema (no exemplo, *status indisponível* para o contexto TREM). Essas configurações podem impedir que um usuário receba sugestões para criação de pares visando à colaboração no desenvolvimento de um conhecimento.

5.2.3 Avaliação com Voluntários

Esta avaliação teve por objetivo demonstrar a usabilidade do CoolEdu, como um sistema de apoio à aprendizagem em um ambiente descentralizado de educação ubíqua, além de avaliar suas funcionalidades. Os questionários preenchidos pelos usuários podem ser visualizados no Apêndice B deste trabalho, enquanto os dados coletados dos usuários que serviram de base para as análises do CoolEdu podem ser vistos no Apêndice C.

A avaliação com usuários foi realizada em cinco etapas, a saber:

- Preparação do teste: nesta etapa foram selecionados voluntários para participar do experimento. Após essa seleção, foi explicado a esses usuários como o sistema funciona e solicitado que eles acessassem um site para coleta dos seus respectivos perfis;
- Coleta de perfis: os voluntários seguindo as instruções preencheram o seu perfil, que continham dados pessoais, dados psicológicos, contatos, contextos, interesses e conhecimentos;
- Avaliação dos usuários sobre a sugestão de pares de aprendizagem: nesse passo os usuários avaliaram o perfil dos demais usuários, e, sem conhecer os seus nomes, escolheram uma nota para aquela sugestão de interação, que varia de um a dez, e o conhecimento que seria abordado na interação. Deve-se salientar que essa escolha foi guiada pelos dados de contatos, contextos, interesses, conhecimentos (que os usuários previamente cadastraram no sistema, e que não foram disponibilizados para análise) e os dados psicológicos dos perfis (que, por serem dados técnicos, não são um bom parâmetro de análise para os usuários);
- Simulação: em paralelo à avaliação dos usuários, foram realizadas duas simulações do CoolEdu, utilizando como base os dados dos perfis preenchidos pelos usuários. Na primeira delas foram analisados os dados de contatos, contextos, interesses e conhecimentos que os usuários previamente cadastraram no sistema, sem a inclusão dos dados psicológicos. Dessa forma a análise foi feita sobre os mesmos dados que os usuários dispunham para análise. Já na segunda simulação foram inclusos os dados psicológicos, seguindo o modelo *Big Five* e usando como critério de comparação a regra de similaridade (BYRNE, 1961; BOOKER, 2007; CHOI, 2009);
- Avaliação e refinamento dos dados: nesse passo foram comparadas as avaliações feitas pelos usuários sobre as sugestões de pares de colaboração que o sistema gerou, com os

índices de acerto que o sistema possui para cada sugestão. Para isso, a lista de sugestões de pares teve seus índices normalizados, assim como as notas dadas pelos usuários sobre cada sugestão de pares para colaboração. Depois de normalizados os índices de acerto do CoolEdu para sugestão de pares, esses índices foram ordenados e essa ordem foi comparada com a ordem das notas dadas pelos usuários. Com essas duas listas foi possível calcular o índice de correlação de Spearman (TRIOLA, 1999) para cada voluntário do sistema, e por fim, foi feita a média aritmética da correlação para todos os usuários. A segunda análise realizada foi semelhante à primeira, com a diferença de que dessa vez foram levados em conta os dados psicológicos dos usuários. Dessa forma, se procurou observar qual a diferença entre as sugestões de pares gerados pelo CoolEdu com e sem a avaliação sobre o aspecto psicológico do usuário, sendo que nessa avaliação foi empregada uma técnica de análise psicológica aceita pela academia.

No total, 25 pessoas participaram do teste como voluntários. O CoolEdu inferiu 179 sugestões de pares para colaboração durante a realização desse teste. Desse total, 145 sugestões (81% do total) receberam avaliações favoráveis por parte dos usuários, ou seja, receberam nota acima da média, que no caso é cinco.

A média dos índices de correlação de Spearman, entre as notas dadas pelos usuários e o índice de interação calculado pelo CoolEdu, sem analisar aspectos psicológicos dos usuários, foi de 0,84, o que representa um alto grau de correlação (TRIOLA, 1999). Isso aponta que o índice calculado pelo sistema é proporcional à vontade dos usuários de formar pares para colaboração.

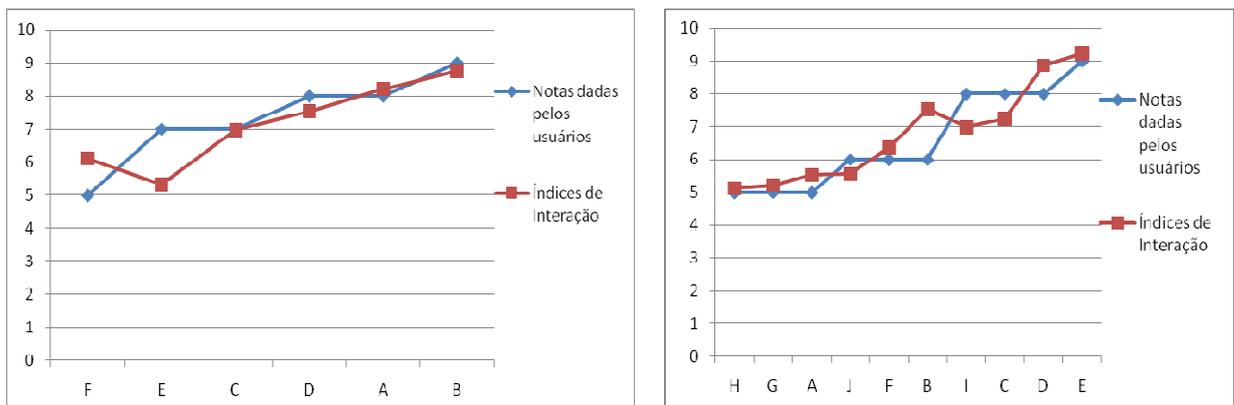


Figura 31 – Gráficos comparativos entre índices do sistema, não analisando aspectos psicológicos, e avaliações dos usuários

A Figura 31 apresenta dois gráficos, de dois usuários que participaram do teste. Cada gráfico representa a avaliação de um voluntário que participou do teste. Cada ponto desses gráficos representa uma possível sugestão para “par mais capaz”. O eixo vertical representa as notas, que os potenciais pares, para desenvolvimento de um conhecimento, receberam do voluntário em questão. Esse mesmo eixo também é utilizado para representar os índices de interação que o CoolEdu calculou para cada “par mais capaz” em potencial. Esse índice, que varia de zero a um, foi multiplicado por 10, para ficar na mesma escala das notas dadas pelos usuários. O eixo horizontal apresenta letras que representam os usuário que foram indicados como candidatos a “par mais capaz” do voluntário que está sendo analisado. Por exemplo, pode-se observar que o gráfico à direita mostra que o voluntário recebeu seis sugestões para interação, e essas interações envolviam os usuários A, B, C, D, E e F.

As sugestões de pares, apresentadas nos gráficos da Figura 31, foram ordenadas pelas notas dadas pelos usuários, para facilitar a visualização da correlação linear entre os índices de interação gerados pelo sistema e as notas dadas pelos usuários.

Também foi calculada a média dos índices de correlação de Spearman entre o índice computado pelo CoolEdu, utilizando em sua análise os aspectos psicológicos do usuário, e as notas dadas pelos usuários a cada possível sugestão de formação de par. Essa média foi de 0,78, que, apesar de menor do que o índice de correlação calculado anteriormente, ainda é considerado uma correlação alta. Essa diminuição da correlação, entre os índices calculados pelo sistema e as notas dadas pelos usuários, não representa em si uma queda do acerto nas sugestões de interação feitas pelo CoolEdu ao utilizar dados psicológicos em sua análise. Na avaliação realizada pelos voluntários eles não possuíam acesso aos aspectos psicológicos dos demais usuários, pois eles não possuíam o conhecimento técnico de como avaliar corretamente os índices de aspectos psicológicos no modelo BigFive. Dessa forma, pode-se dizer que o índice de correlação entre as avaliações dos usuários e o índice de interação gerado pelo CoolEdu ao analisar aspectos psicológicos diminuiu-o, pois o sistema teve acesso a dados que o usuário desconhecia. Sendo assim, essa diminuição na correlação pode apontar uma melhora da análise feita pelo CoolEdu, pois para realização dessa análise psicológica foi utilizada uma técnica comprovada pela academia.

A Figura 32 ilustra um gráfico comparativo entre os índices do sistema – com e sem a análise dos aspectos psicológicos – e as notas de dois voluntários distintos.

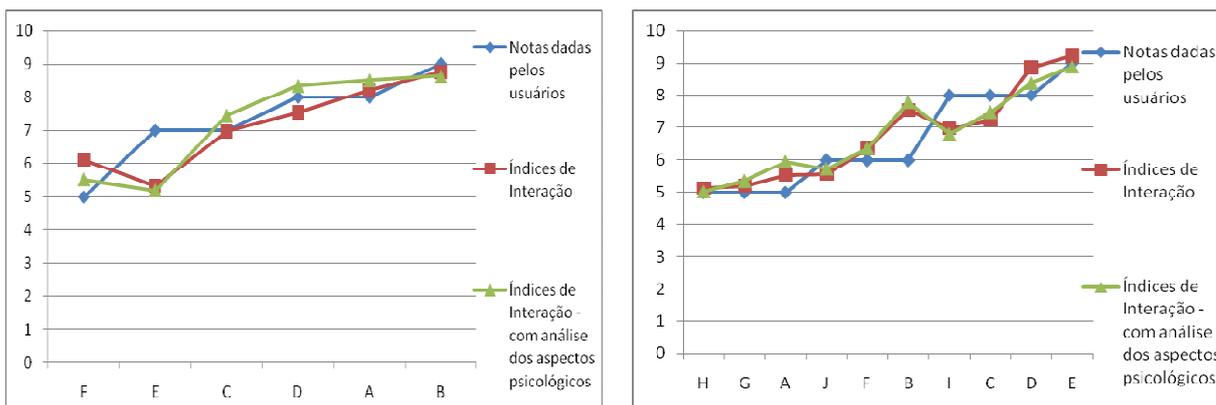


Figura 32 – Gráficos comparativos entre índices do sistema, analisando aspectos psicológicos, e avaliações dos usuários

Por fim, ao se comparar os índices de interação calculados pelo simulador, com e sem a análise dos dados psicológicos dos usuários, a média dos índices de correlação encontrados foi de 0,94, o que mostra uma interferência suave da utilização dos aspectos psicológicos sobre o resultado final do processo de análise do CoolEdu.

Confrontando os dados disponibilizados pelos voluntários com os dados obtidos na simulação do CoolEdu, pôde-se obter as seguintes estatísticas:

- 1 pessoa (4%) não recebeu nenhuma sugestão de interação. Isso se deve ao fato dos interesses/conhecimentos dessa pessoa não coincidirem com os de nenhuma outra dentre os 24 voluntários que participaram do teste;
- 11 voluntários (48%) receberam sugestões de interação para cada par, cuja nota, dada por si mesmo, foi favorável - superior a cinco;
- 34 sugestões realizadas pelo CoolEdu (19%) receberam nota desfavorável pelos usuários – abaixo ou igual a 5;
- 14 candidatos a par avaliados com nota favorável pelos usuários (26%) não foram contemplados com o envio de sugestão de interação pelo CoolEdu.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Contribuições do trabalho

Esse trabalho propôs um modelo para colaboração em ambientes descentralizados de educação ubíqua. Para isso foram apresentados os conceitos relacionados à educação ubíqua, dando enfoque às limitações dos ambientes ubíquos centralizados e apresentando as vantagens dos ambientes ubíquos descentralizados na busca por tornar a educação um processo realmente ubíquo. Além disso, foram explorados os conceitos criados por Vygostky, principalmente os conceitos aplicáveis à educação em ambientes ubíquos.

Foram analisados quatro trabalhos relacionados, dando-se destaque aos seus motores de análise. O estudo destes trabalhos serviu de base para a proposta do CoolEdu. Para salientar as diferenças entre o CoolEdu e os demais trabalhos relacionados da área, é apresentada a Tabela 6, que consiste na Tabela 1 com o acréscimo do CoolEdu.

Tabela 6 – Comparativo entre o CoolEdu e demais trabalhos relacionados estudados

	<i>Framework para Interação Social proposto por Zhang</i>	Ambiente de Aprendizagem Colaborativa Ponto-a-Ponto	GlobalEdu	Japelas	CoolEdu
Objetivo	Apoiar a aprendizagem dos alunos focando em suas habilidades sociais.	Apoiar a aprendizagem utilizando-se de comunidades virtuais.	Apoiar a aprendizagem pela sugestão de objetos e estímulo a interação social em ambientes.	Apoiar a aprendizagem de expressões de tratamento na língua Japonesa.	Apoiar a aprendizagem através de um modelo de colaboração baseado nos conceitos sócio-interacionistas, em um ambiente descentralizado de educação ubíqua.
Domínio de conhecimento	Independente.	Independente	Independente.	Dependente. Expressões de tratamento na língua Japonesa.	Independente.
Ambiente de Aplicação	Diz-se um ambiente ubíquo, mas não possui informações de localização.	Ambiente Ubíquo.	Ambiente Ubíquo.	Ambiente Ubíquo.	Ambiente Ubíquo.
Tipo de estrutura	Híbrido. A troca de mensagens e	Híbrido. O sistema é descentralizado,	Híbrido. O sistema possui várias	Descentralizado.	Descentralizado.

	arquivos é descentralizada. Mas a estrutura do sistema é centralizada.	mas o gerenciador de contextos é centralizado.	funções descentralizadas no AP. Entretanto os objetos de aprendizagem e o motor de análise necessitam ser centralizados.		
Estratégias de Ensino	“Função de encontro” proposta por Jin (2003)	Modelo colaborativo passivo (sem autonomia), baseado na oferta de três serviços: Material de aprendizagem; Sistema para anotações; Sistema de discussões em grupo.	Modelo sócio-interacionista.	Possui uma estratégia de ensino própria adaptada para o ensino de expressões de tratamento na língua Japonesa.	Modelo colaborativo baseado nos conceitos sócio-interacionista de Vygotsky de “par mais capaz”.
Uso de Agentes	Não	Não	Sim. Possui um agente, chamado agente pedagógico (AP)	Não	Sim. Possui uma modelagem multiagentes com os seguintes agentes: Agente Social, Agente Interface e Agente Coletor.
Atuação do motor de análise	Ativa	Passiva. Seu motor de análise só é ativado quando o usuário realiza pesquisas	Ativa	Ativa	Ativa
Dados utilizados	Utiliza dados de contexto e dados de perfil nas suas análises	Utiliza dados de perfil, dados de contexto e dados de objetos de aprendizagem	Utiliza dados de contexto, dados de objetos de aprendizagem e dados de perfil	Utiliza dados de contexto e dados de perfil	Utiliza dados de contexto, dados de objetos de aprendizagem e dados de perfil para suas análises. Esses dados são coletados dinamicamente no ambiente descentralizado.

Como se pode observar na Tabela 6, o CoolEdu segue a independência em relação ao domínio de conhecimento, presente em todos os trabalhos estudados, com exceção do Japelas. Essa característica requer que o conhecimento seja tratado de forma abstrata, ou seja, que não seja feita nenhuma customização no modelo para o ensino de um conhecimento específico. Por outro lado, possibilita que o ambiente seja usado para ensinar qualquer conteúdo, abrangendo assim a sua área de atuação.

É interessante ressaltar que o próprio Japelas (OGATA e YANO, 2003), em suas últimas versões (OGATA e YANO, 2004; OGATA e YANO, 2006), deixou de utilizar uma abordagem de ensino específica e começou a adotar a mesma abordagem genérica vista nos demais trabalhos e também no CoolEdu. Esses últimos trabalhos de Ogata não estão presentes nos trabalhos relacionados, pois, por uma questão de projeto, deixaram de ser descentralizados e passaram a utilizar uma estrutura centralizada.

Outra decisão de projeto do CoolEdu foi a utilização de somente uma abordagem de ensino, o modelo sócio-interacionista de Vygotsky. Essa característica possibilitou um refinamento do modelo, tornando-o mais compreensível e focado nessa estratégia pedagógica. Outros trabalhos também optaram por essa especialização, como o trabalho proposto por Zhang, que se especializou na proposta educacional de Jin (2003) da “Função de encontro”, ou o trabalho de Yang (2006), que utiliza uma proposta colaborativa passiva para fomentar a aprendizagem. Todos os trabalhos optaram por alguma estratégia pedagógica e, apesar de distintas, todas envolvem a interação entre os aprendizes no ambiente ubíquo como meio para o processo educacional.

Um dos pontos mais importantes no CoolEdu é a sua real descentralização, característica essa presente em todos os trabalhos apresentados, mas somente de forma parcial. Zhang (2005) utiliza a descentralização para a troca de mensagens e arquivos, mas a sua estrutura e seu motor de análise funcionam de forma centralizada. Yang (2006) busca utilizar a descentralização em todo o seu sistema, com a exceção de seu gerenciador de contextos, que adota uma estrutura centralizada. O GlobalEdu (BARBOSA, 2005) utiliza a descentralização em serviços do AP (agente pessoal), mas a estrutura em si de sua proposta é centralizada. O único trabalho que, assim como o CoolEdu, utiliza uma estrutura inteiramente descentralizada é o Japelas. Essa característica é importante para o CoolEdu, pois é através dela que se almeja tornar esse ambiente mais ubíquo, ou seja, é com essa característica que se pretende tornar o processo educacional realmente independente de local e de momento, como discutido no Capítulo 1.

Outra diferença, entre o CoolEdu e os demais trabalhos relacionados, é a modelagem utilizada. Dos trabalhos estudados, somente o GlobalEdu utiliza agentes. Essa característica confere ao GlobalEdu maior modularidade, tornando assim, mais fácil de se aplicar o modelo de colaboração proposto a outros ambientes ubíquos. Além disso, características presentes em agentes, como autonomia, colaboração e aprendizagem, podem auxiliar na construção de um modelo de colaboração mais independente e adaptável ao aprendiz.

Como resumo, acredita-se que a questão de pesquisa desse trabalho foi respondida, assim como os objetivos almejados foram alcançados, pois pelos testes realizados mostrou-se viável a utilização de um ambiente descentralizado no suporte a colaboração entre os aprendizes de uma forma ubíqua mais próxima a idealizada por Satyanarayanan.

6.2 Trabalhos futuros

Ao longo da realização deste trabalho foram identificadas idéias e propostas para trabalhos futuros. Algumas destas idéias são apresentadas a seguir:

- no cálculo do índice de interação, empregado pelo sistema para ordenar os possíveis pares mais capazes, foram dados pesos iguais para cada variável que o compunha. Isso se deve ao fato de que não foram encontrados estudos extensos sobre o impacto dos pesos das variáveis no *matching* de perfis para colaboração. Por esse motivo, um estudo mais aprofundado sobre os pesos dessas variáveis seria adequado. Por exemplo, de acordo com Byrne (1961), foi apontado que indivíduos com maior grau de extroversão tendem a interagir de forma mais ativa em grupos do que indivíduos com baixo grau de extroversão. Sendo assim, supõe-se que seria adequado dar maior valor ao aspecto psicológico *Extroversion* em indivíduos que terão o papel de par mais capaz em uma dupla. Entretanto, não fica claro no estudo de Byrne qual o impacto associado à variação desse valor;
- realizar testes práticos da ferramenta em diferentes ambientes, como ambiente cooperativo, educacional, informal, entre outros;
- realizar o mesmo teste com usuários que foi executado nesse trabalho, mas explicando como avaliar e permitindo acesso ao perfil psicológico dos demais usuários ao avaliar cada sugestão de interação recebida. Dessa forma, seria possível uma avaliação mais precisa da utilização de aspectos psicológicos sobre a análise para sugestão de criação de pares para colaboração;

- na utilização de objetos de aprendizagem para auxiliar o desenvolvimento de um conhecimento, aplicar algum tipo de ordenação entre os mais indicados parece adequado. Dessa maneira seria possível, por exemplo, limitar a quantidade de objetos de aprendizagem que serão enviados durante a sugestão de um “par mais capaz”;
- melhorar a interface com o usuário, possibilitando a utilização de técnicas, como a computação emotiva, que podem aprimorar a experiência de interação do usuário com o CoolEdu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACM. **ACM Computing Classification System.** Disponível em <https://www.acm.org/class/1998/>. Acessado em fevereiro de 2010.

ALCHIERI, J. C., NORONHA, A. P. P. e PRIMI, R. **Guia de referência: testes psicológicos comercializados no Brasil.** Casa do Psicólogo. <http://www2.pol.org.br/satepsi/sistema/admin.cfm?lista1=sim>. 2010.

ANDRADE, A., JAQUES, P., VICARI, R., BORDINI, R. e JUNG, J., A. **Uma Proposta de Modelo Computacional de Aprendizagem à Distância Baseada na Concepção de Sócio-Interacionista de Vygotsky.** Em: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2000.

ANDRADE, A. F., JAQUES, P. A., JUNG, J. L., BORDINI, R. H. e VICARI, R. M. **A Computational Model of Distance Learning Based on Vygotsky's Socio-cultural Approach.** Workshop – Multi-Agent Architectures for Distributed Learning Environments. Em: Proceedings of the International Conference on AI and Education, San Antonio, Texas., pag 33-40, 2001.

ANDRADE, A. F. **Construindo um Ambiente de Aprendizagem a Distância Inspirado na Concepção Sóciointeracionista de Vygotsky.** Em: Silva, M. ed. Educação online. São Paulo: Edições Loyola, 2003.

ANDRADE, A., GIRAFFA, L. M. M. e VICARI, R. M. **Uma Aplicação da Teoria Sociointeracionista de Vygotsky para construção de um Modelo de Aluno.** Em: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2003.

AUGUSTIN, I., YAMIN, A., SILVA, L. C., REAL, R., FRAINER, G., CAVALHEIRO, G. e GEYER, C. **ISAM, Joining Context Awareness and Mobility to Building Pervasive Applications.** Imad Mahgoub; Mohammad Ylias (Org.). Mobile Computing Handbook. New York, pag. 73-94, 2004.

BARBOSA, D.N.F., GEYER, C.F.R. e BARBOSA, J.L.V., **GlobalEdu - an Architecture to Support Learning in a Pervasive Computing Environment.** Em: International Federation for Information Processing-Publications - IFIP. Springer, vol. 192, pag. 1, 2005.

BARBOSA, J. L. V., RABELLO, S. A. e HAHN, R. M. **LOCAL: Um Modelo para Suporte à Aprendizagem Consciente de Contexto.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Anais do SBIE 2006, Brasília, pag. 437-446, 2006.

BARBOSA, D. N. F., BARBOSA, J. L. V, YAMIN, A. C., AUGUSTIN, I., SILVA, L. C. e GEYER, C. F. R. **Learning in a Large-Scale Pervasive Environment.** Em: 2nd IEEE International Workshop on Pervasive Learning. New York, IEEE Press, pag. 226-230, 2006.

BARBOSA, J. L. V., BARBOSA, D. N. F., HAHN, R. M. e GEYER, C. F. R. **Mobile and Ubiquitous Computing in an Innovative Undergraduate Course.** Em: Technical Symposium on Computer Science Education, ACM Press New York, NY, USA, pag. 379-383, 2007.

BARBOSA, J. L. V., HAHN, R. M., RABELLO, S. A. e BARBOSA, D. N. F., **LOCAL: a Model Geared Towards Ubiquitous Learning.** Em: 39th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE) 2008, Portland, New York: ACM Press, pag. 432-436, 2008.

BARBOSA, D. N. F., **Em direção a Educação Ubíqua: aprender sempre, em qualquer lugar, com qualquer dispositivo.** Tese de doutorado. 2008.

BARRICK, M. R. e MOUNT, M. K. **The Big Five personality dimensions and job performance: A meta-analysis.** Em: Personnel psychology. Vol. 44. Num 1. pag. 1-26, 1991.

BELLIFEMINE, F., POGGI, A. e RIMASSA, G. **Developing multi-agent systems with a FIPA-compliant agent framework.** *Software: Practice and Experience.* John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK, num. 2, vol. 31, 2001.

BELLONI, M.L. Educação à distância, Autores Associados, 2001.

BLUETOOTH. **Bluetooth Core Specifications, version 1.1 – Bluetooth Special Interest Group.** Disponível em <http://www.bluetooth.com>. Acessado em fevereiro de 2010.

BOOKER, Q. E., KITCHENS, F. L. e REBMAN, C. **Evaluating the Big Five Personality Test as a foundation for an online student course recommendation system.** 2007

BORDINI, R. H., HÜBNER, J. F. e WOOLDRIDGE, M. **Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak Using Jason.** John Wiley & Sons Ltd, 2007.

BULL, S. e SMITH, M., **Did I say what I think I said, and do you agree with me?: Inspecting and questioning the student model.** Em: Proceedings of the 7th World Conference on Artificial Intelligence in Education, AACE, pág. 501-508, 1995.

BULL, S. e SMITH, M., **A pair of Student Models to Encourage Collaboration,** Courses and Lectures – International Centre for Mechanical Sciences., pag. 339-344, Editora Springer-Verlag, 1997.

BYRNE, D. **Interpersonal attraction and attitude similarity.** Em: Journal of Abnormal and Social Psychology, vol. 62, pag. 713-715. 1961.

CHOI, K. S., DEEK, F. P. e IM, I. **Pair dynamics in team collaboration.** Em: Computers in Human Behavior. Pub. Elsevier. 2009.

COSTA, P. T., e MCCRAE, R. R. **Normal personality assessment in clinical practice: The NEO Personality Inventory.** Em: Psychological Assessment, vol. 4, pag. 5-13. 1992.

DEY, A. K. **Understanding and Using Context.** Personal and Ubiquitous Computing, vol. 5, num. 1, Fevereiro, 2001.

FIPA - ACL. **Foundation of Intelligent Physical Agents - Agent Communication Language**. Disponível em <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>. Acessado em fevereiro de 2010.

FISCHER, R. M. **O Desafio da Colaboração**. Editora Gente, São Paulo, 2002.

FORMAN, G. H. e ZAHORJAN, J. **The Challenges of Mobile Computing**. IEEE Computer, vol. 27, num. 4, pag. 38-47, 1994.

GIORGINI, P. e HENDERSON-SELLES, B. **Chapter I - Agent Oriented Methodologies: An Introduction**. Em: Henderson-Sellers, B. e Giorgini P. (Eds) Agent Oriented Methodologies, Idea Group, 2005.

GLUZ, J.C., PASSERINO, L.M. e VICARI, R.M. **Um Modelo Formal para Processos de Mediação em AVAs**. SBIE, pag 685-695, Fortaleza, 2008.

GOLDBERG, L.R., **An alternative “description of personality”: The Big-Five factor structure**, Journal of personality and Social Psychology. Volume 59, num. 6, pag. 1216--1229, 1990.

HANDHELDS. Disponível em <http://www.handhelds.org>. Acessado em fevereiro de 2010.

HERNÁNDEZ, L., et al. **College, a collaborative learning design editor based on patterns**. Educational. Technology & Society. 2006.

HIGHTOWER, J., LAMARCA, A. e SMITH, I. E. **Practical Lessons from Place Lab**. Em: IEEE In Pervasive Computing, vol. 5, num. 3, pag. 32-39, 2006.

HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER, H. e COLLINS, J. **GPS: Theory and Practice**. [S.l.]: New York, NY, 2001.

HP Tablet PC. Disponível em <http://www.hp.com/united-states/campaigns/touchsmart/>. Acessado em fevereiro de 2010.

IARA A., YAMIN, A., NASCIMENTO, E., BARBOSA, J. L.V., CAVALHEIRO, G. e GEYER, C. **ISAM: um Middleware para Aplicações Móveis Distribuídas**. RITA – Revista de Informática Teórica e Aplicada. Edição Especial – Sistemas Operacionais. vol. VIII, num. 2, 2001.

JIN, Q. **Learning Community Meets Peer-to-Peer Networking: Towards an Innovative Way of Person-to-Person E- Learning Support**. Em: Proceedings of KEST (Knowledge Economy and Development of Science and Technology), 2003.

JUNG, C. G. **Collected Works: The development of personality**. Pantheon Books, 1953.

LEHR, W. e MCKNIGHT, L. **Wireless Internet access: 3G vs. WiFi?** Em: Telecommunications Policy, Elsevier Ltd, vol. 27, num. 5-6, pag. 351-370, 2003.

LEVIS, D. BARBOSA, J., CRESPO, S. e BARBOSA, D. N. F. **Aperfeiçoamento Automático do Perfil do Aprendiz em Ambientes de Educação Ubíqua**. Em: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2007.

LIM, C., WAN, Y. e SEE, B. N. **A Real-Time Indoor WiFi Localization System Utilizing Smart Antennas.** Em: IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 53, num. 2, pag. 618–622, 2007.

MARTEL, C., VIGNOLLET, L., FERRARIS, C., DAVID, J.P. e LEJEUNE, A., **Modeling collaborative learning activities on e-learning platforms.** Em: Advanced Learning Technologies 2006, Sixth International Conference on. pag 707-709, 2006.

MILOJICIC, D.S. et al, **Peer-to-peer Computing.** Relatório Técnico HPL-2002-57, HP Labs, 2002.

MITCHELL, J.L. e FARHA, N. **Learning Object Metadata: Use and Discovery.** Em: Learning Objects: Standards, Metadata, Repositories, and LCMS, pag 1, Informing Science, 2007.

MORATIS, P., PETRAKI, E. e SPANOUDAKIS, N.I. **Engineering JADE agents with the Gaia methodology.** Em: Lecture Notes in Computer Science. pag. 77-91, Springer, 2003.

NETCOMM. **NetComm Limited Technology Glossary - 3G Technology.** Disponível em <http://www.netcommlimited.com/technology/glossary/>. Acessado em fevereiro de 2010.

NEUMAN, B.C. **Scale in Distributed Systems.** University of Southern California, Information Sciences Institute, 1994.

OGATA, H. e YANO, Y. **How Ubiquitous Computing can Support Language Learning.** Em: Proceedings of KEST, pag. 1-6, 2003.

OGATA, H. e YANO, Y. **Context-Aware Support for Computer-Supported Ubiquitous Learning.** Em: Wireless and Mobile Technologies in Education, 2nd IEEE International Workshop on Ubiquitous Learning, vol. 26, pag. 27-34, 2004.

OGATA, H. YIN, C. e YANO, Y. **JAMIOLAS: Supporting Japanese Mimicry and Onomatopoeia Learning with Sensors.** Em: Fourth IEEE International Workshop on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education. WMUTE'06, pag. 111-115, 2006.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento - Um processo sócio-histórico.** *Vygotsky: learning and development; a social historical process*, Editora Scipione. 1999.

PADGHAM, L. e WINIKOFF, M. **Prometheus: A Methodology for Developing Intelligent Agents.** Em: International Conference on Autonomous Agents: Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part. 1, vol. 15, pag. 37-38, 2002.

PAPI. **LTSC PAPI – Overview.** LTSC Public and Private Information. Disponível em <http://www.cen-ltso.net/main.aspx?put=230>. Acessado em fevereiro de 2010.

PASSERINO, L.M., GLUZ, J.C. e VICARI, R.M. **Uma Proposta para Mediação Tecnológica em Espaços Virtuais de Aprendizagem.** Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. SBIE. São Paulo, 2007.

- PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia**. 4 ed., Editora Forense, Rio de Janeiro, 1976.
- POZO, J. I. **Aprendices y Maestros**. Editorial Alianza. Madrid, 1996.
- SAKAMURA, K. e KOSHIZUKA, N. **Ubiquitous Computing Technologies for Ubiquitous Learning**. Em: IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education WMTE 2005, pag.11-20, 2005.
- SATYANARAYANAN, M. **Pervasive Computing: Vision and Challenges**. Personal Communications, IEEE, vol. 8, num. 4, pag. 10–17, 2001.
- SAUCIER, G. e GOLDBERG, L. R. **What is beyond the Big Five?** Em: Journal of Personality, vol. 66, pag. 495-524. 1998.
- SLOMAN, M. e KRAMER, J. **Distributed Systems and Computer Networks**. 1987.
- STAHL, G., KOSCHMANN, T. e SUTHERS, D. **Computer-supported collaborative learning: An historical perspective**. Cambridge handbook of Learning Sciences, 2006.
- SUK, Y. H. e KAI H. Y. **Challenges in the Migration to 4G Mobile Systems**. Em: IEEE Communications Magazine, IEEE, Vol. 41, No. 12, pag. 54-59, 2003.
- TAROUCO, L. M. R., FABRE, M. C. J. M. e TAMUSIUNAS, F. R. **Reusabilidade de objetos educacionais**. Revista Novas Tecnologias na Educação, 2003.
- TOBAR, C.M., ROSA, J.L.G., COELHO, J. M. A. e PANNAIN, R. **Uma Arquitetura de Ambiente Colaborativo para o Aprendizado de Programação**. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, vol. 12, 2001.
- TRIOLA, M.F. et al. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC. vol. 410. 1999.
- VALENTE, J. A., FREIRE, F. M. P., ROCHA, H. V., D'ABREU, J. V., BARANAUSKAS, M. C. C., MARTINS, M. C., PRADO e M. E. B. B. **O Computador na Sociedade do Conhecimento**. Universidade Estadual de Campinas, Núcleo de Informática Aplicada à Educação, 2002.
- VYGOTSKY, L.S. **Mind in society**. Harvard University Press Cambridge, MA. 1980.
- VYGOTSKY, L. S., LURIA, A. e LEONTIEV, N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Vol 10, Editora Ícone, São Paulo, 1988.
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. (Orgs. Cole et al.) 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- WEISER, M. **Ubiquitous Computing**. IEEE Computer, vol 26, pag. 71-72, 1993.
- WEISS, G. **Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**. MIT Press, 1999.
- WOLF, T.; HOLVOET, T. **Towards a Full Life-cycle Methodology for Engineering Decentralised Multi-Agent Systems**. Em: Proceedings of the OOPSLA 2005.

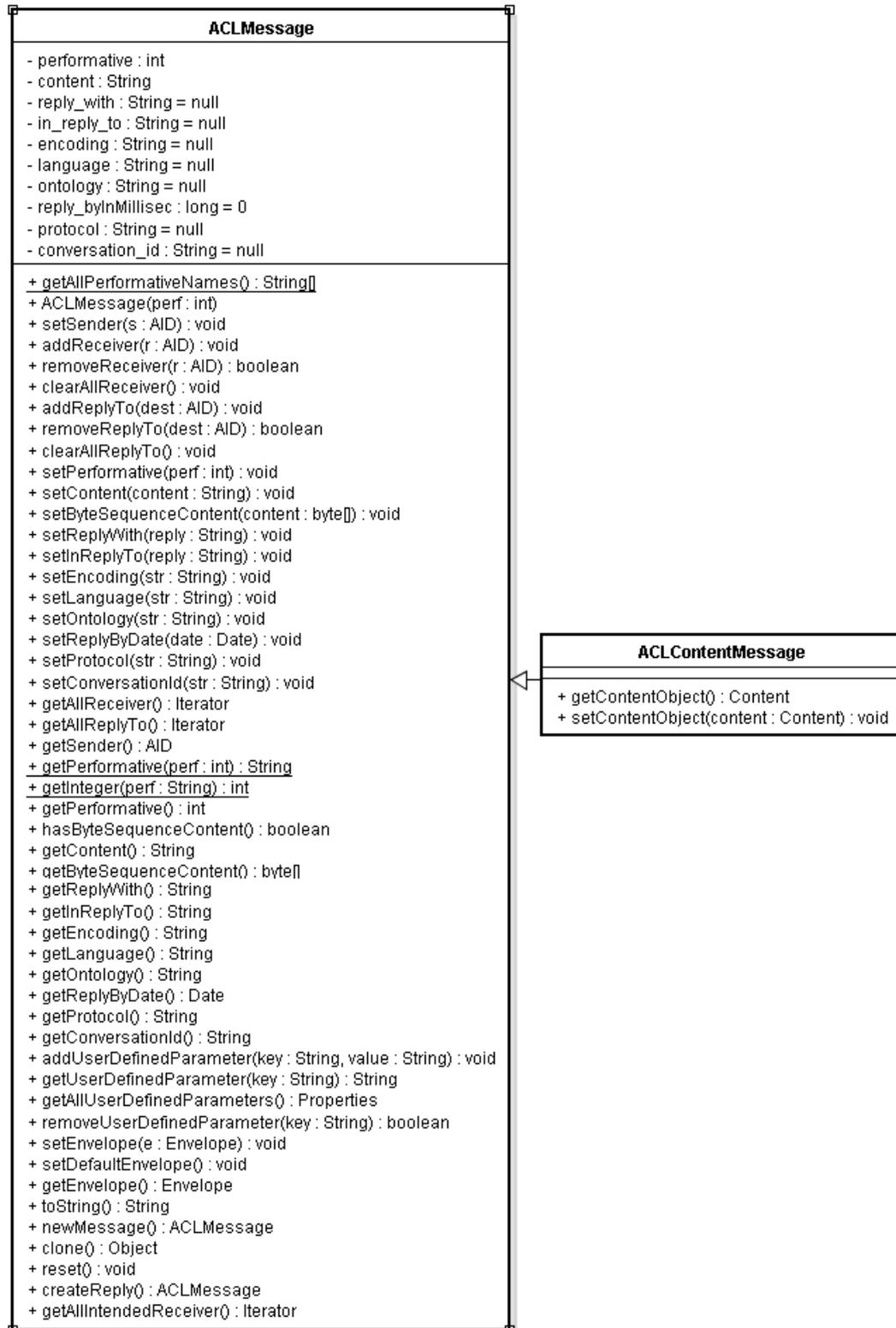
YAMIN, A., BARBOSA, J.L.V., AUGUSTIN, A. SILVA, L.C., REAL, R., GEYER, C. e CAVALHEIRO, G. **Towards Merging Context-Aware, Mobile and Grid Computing.** Em: International Journal of High Performance Computing Applications, vol. 17, num. 2, pag. 191, 2003.

YANG, S. J. H. **Context Aware Ubiquitous Learning Environments for Peer-to-Peer Collaborative Learning.** Educational Technology & Society, vol. 9, pag. 188-201, 2006.

ZHANG, G., JIN, Q., e LIN, M. **A Framework of Social Interaction Support for Ubiquitous Learning.** Em: Proceedings of the 19th international Conference on Advanced information Networking and Applications, Vol. 2, pag. 25-30, 2005.

APÊNDICE

APÊNDICE A – DIAGRAMA COMPLETO DA CLASSE ACLMESSAGE



APÊNDICE B – QUESTIONÁRIOS USADOS NOS TESTE COM VOLUNTÁRIOS

O teste com voluntários teve dois questionários.

No primeiro deles foi apresentado o conjunto de instruções abaixo.

Coleta de dados para avaliação do CoolEdu

Esse questionário faz parte da avaliação do CoolEdu, tema da dissertação do mestrando Solon Andrade Rabello Junior. Por favor, preencha todos os campos do questionário.

Informações

Todas as informações fornecidas por você através desse questionário são confidenciais, e terão como único e exclusivo fim possibilitar análises sobre a ferramenta CoolEdu.

Informações pessoais

O preenchimento do campo "Conhecimentos e interesses", deve ser feito marcando os conhecimentos, ali presentes, que você já possui e os que gostaria de desenvolver.

Após marcá-los, não esqueça de dar uma nota de 1 à 5, representando seu domínio sobre o tema, onde o valor 5 representa o maior grau de domínio.

Nas instruções foi solicitado que o usuário preenchesse o questionário da figura abaixo.

Nome:

Telefone:

Email:

Idade:

Nível de Instrução: Primeiro grau completo

Área Profissional: Administrador

Conhecimentos e interesses:

- Computer Applications - ADMINISTRATIVE DATA PROCESSING 3
- Computer Applications - ARTS AND HUMANITIES
- Computer Applications - COMPUTER-AIDED ENGINEERING 5
- Computer Applications - COMPUTERS IN OTHER SYSTEMS (C.3)
- Computer Applications - GENERAL
- Computer Applications - LIFE AND MEDICAL SCIENCES
- Computer Applications - MISCELLANEOUS
- Computer Applications - PHYSICAL SCIENCES AND ENGINEERING
- Computer Applications - SOCIAL AND BEHAVIORAL SCIENCES 2
- Computer Systems Organization - COMPUTER SYSTEM IMPLEMENTATION 5
- Computer Systems Organization - COMPUTER-COMMUNICATION NETWORKS
- Computer Systems Organization - GENERAL
- Computer Systems Organization - MISCELLANEOUS
- Computer Systems Organization - PERFORMANCE OF SYSTEMS
- Computer Systems Organization - PROCESSOR ARCHITECTURES

Após essa etapa, foi apresentado o seguinte conjunto de instruções.

Teste de Personalidade

Por favor, responda todas as perguntas abaixo.

Não pense demais, seja honesto em suas respostas para obter o melhor resultado possível.

As respostas vão de 1 (discordo totalmente) até 5 (concordo totalmente).

Ao selecionar a alternativa do meio você estará dizendo que não concorda nem discorda com aquela alternativa específica

As questões, as quais as instruções se aplicam, seguem abaixo.

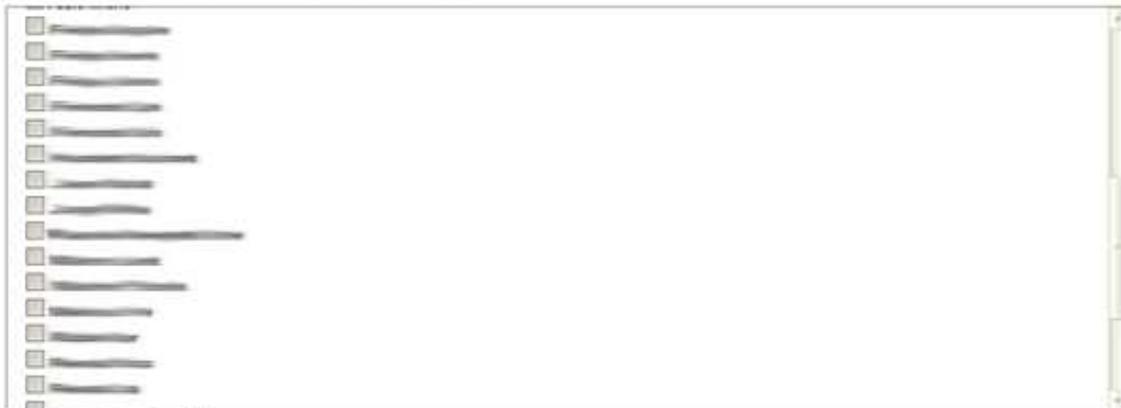
- 1) Eu sou mais calmo do que preocupado.
- 2) Eu consigo me desligar e analisar as coisas a partir de múltiplas perspectivas.
- 3) Eu sou mais controlado do que aleatório.
- 4) Eu não vejo problema algum em ser o centro das atenções.
- 5) Eu não sou facilmente incomodado.
- 6) Eu considero física teórica um assunto interessante.
- 7) Eu levo as coisas a sério.
- 8) Eu não me coloco no lugar das outras pessoas.
- 9) Eu gosto de resolver problemas complexos.
- 10) Minha felicidade e meu sucesso são mais importantes do que a felicidade e o sucesso alheios.
- 11) Eu sou extrovertido.
- 12) Eu fico nos bastidores.
- 13) Eu posso ser meio antipático.
- 14) Eu fico irritado facilmente.
- 15) Eu me estresso facilmente.
- 16) Eu aceitaria um aumento de salário de 10% para ir para um emprego onde eu pudesse me dedicar à pesquisa teórica o tempo todo.
- 17) Eu coloco os outros em primeiro lugar.
- 18) Eu sigo uma agenda.
- 19) Eu adoro grandes festas.
- 20) Minha capacidade de pensar cuidadosamente antes de agir e minha natureza caridosa são a minha fundação.
- 21) Eu paro o que estou fazendo para refletir sobre as coisas.
- 22) Eu faço de tudo pelas outras pessoas.

- 23) Eu não me deixo abalar por causa dos obstáculos da vida.
- 24) Eu me firo emocionalmente com facilidade.
- 25) Eu sou bagunceiro.
- 26) Eu paro o que estou fazendo para estar com os outros.
- 27) Eu falo pouco.
- 28) Eu sirvo aos outros.
- 29) Eu estou sempre preocupado com algo.
- 30) Eu sou mais interessado no crescimento intelectual do que em qualquer outra coisa.
- 31) Eu uso palavras difíceis.
- 32) Eu sou mais relaxado do que estressado.
- 33) Eu sou reservado.
- 34) Eu não gosto de fazer planos.
- 35) Eu geralmente chego atrasado.
- 36) Eu sou comunicativo.
- 37) Eu me agradaria antes de agradecer aos outros.
- 38) Eu procuro padrões nas coisas do universo.
- 39) Eu tenho muitos medos.
- 40) Eu prefiro ambientes bem estruturados.
- 41) Eu coloco as necessidades de todos acima das minhas próprias.
- 42) Eu paro o que estou fazendo para conversar.
- 43) Eu não gosto de rotina.
- 44) Eu geralmente sou uma pessoa que chama a atenção pela animação nas festas.
- 45) Eu não gosto de chamar a atenção.
- 46) Eu sou científico.
- 47) Eu sou altamente teórico.
- 48) Eu sou quieto.
- 49) Eu mantenho minhas emoções sob controle.
- 50) Eu geralmente estou preparado.
- 51) Eu gosto de ordem.
- 52) Eu sou desorganizado.
- 53) Eu sou passivo.
- 54) Meu intelecto é excepcional.
- 55) Eu me coloco sempre em primeiro lugar.

Em seqüência, foi solicitado que os voluntários preenchessem os dados abaixo.

Contatos

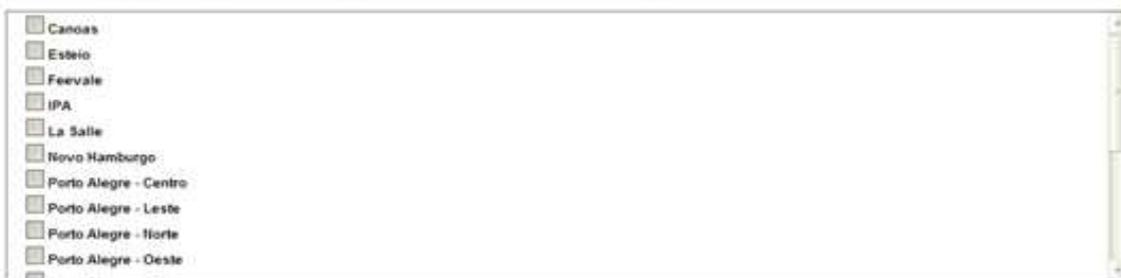
- Nessa seção do questionário você deve marcar quais dentre as pessoas abaixo você tem contato, ou conhece de alguma forma. Caso seu próprio nome apareça na lista, desconsidere-o.



A screenshot of a web form titled 'Contatos'. It features a vertical list of approximately 15 names, each preceded by a small square checkbox. The names are mostly obscured by horizontal bars, but some are partially visible. The form is enclosed in a rectangular border with a scroll bar on the right side.

Contextos

- Por favor, marque por quais desses lugares você costuma passar, ou ficar.



A screenshot of a web form titled 'Contextos'. It features a vertical list of locations, each preceded by a small square checkbox. The visible locations are: Canoas, Esteio, Feevale, IPA, La Salle, Novo Hamburgo, Porto Alegre - Centro, Porto Alegre - Leste, Porto Alegre - Norte, and Porto Alegre - Oeste. The form is enclosed in a rectangular border with a scroll bar on the right side.

Passo 3

Ao final do primeiro questionário foi apresentada a seguinte mensagem aos voluntários.

Coleta de dados para avaliação do CoolEdu

Obrigado pela participação

Obrigado pela sua participação nesse questionário. Em um futuro próximo entrarei em contato novamente para solicitar o segundo passo desse processo de avaliação da ferramenta CoolEdu. Esse segundo passo será ainda mais rápido de ser realizado. Obrigado!

O segundo questionário foi iniciado com o seguinte conjunto de instruções.

Bem vindo(a), Solon Rabello.

Selecione as pessoas com as quais gostaria de entrar em contato

Abaixo você tem uma lista dos usuários que estão participando desse teste para avaliação do CoolEdu. O sistema já restringiu essa lista, criando um grupo de usuários com os quais você têm pelo menos um interesse/conhecimento em comum.

Como você pode visualizar abaixo, nessa parte do teste você não saberá o nome de cada usuário, mas saberá a sua idade, profissão, interesses/conhecimentos, contextos e contatos que possui. Com base nesses dados, e nos seus próprios, dê uma nota que representa o quanto você gostaria que o CoolEdu colocasse vocês em contato. Essa nota segue uma escala de 1 a 10, sendo que o valor 1 representa desaprovação total, e o valor 10 representa aprovação total. O valor 5 significa que você nem aprova nem desaprova a sugestão do sistema. Além dessa nota, por favor escolha qual conhecimento você gostaria de trocar com esse usuário, através da coluna "Conhecimentos/Interesses em comum", caso tivesse a oportunidade de interagir com ele.

Após concluir a sua avaliação, clique no botão "Concluir".

Após as instruções, foi exibida aos voluntários uma tabela contendo os dados de alguns dos voluntários. O critério para seleção desses usuários foi a presença de pelo menos um conhecimento em comum entre o voluntário em questão e os demais.

A tabela apresentada possuía as seguintes colunas: Idade, Nível de Instrução, Profissão, Contatos, Contextos, Conhecimentos/Interesses, Nota e Conhecimentos/Interesses em comum, como ilustrado pela *screenshot* na Figura 24.

APÊNDICE C – TABELAS PRODUZIDAS NOS TESTES COM VOLUNTÁRIOS

O Apêndice C apresenta as tabelas do banco de dados utilizadas nos testes executados com o simulador do CoolEdu. Os dados pessoais dos voluntários foram ocultados, ou totalmente, como no caso de nome, ou parcialmente, como no caso do telefone e email.

TABELA TB_USER

NAME	USERID	PHONE	EMAIL	AGE	EDUCATIONLEVEL	PROFESSION
-----	24	(51) 842637--	.....@gmail.com	41	5	25
-----	25	(51) 997912--	.....@gmail.com	29	4	1
-----	26	(51) 839820--	.....@gmail.com	26	4	61
-----	27	(51) 925866--	.....@gmail.com	21	3	1
-----	28	(16) 337381--	.....@icmc.usp.br	43	5	61
-----	29	(51) 984449--	.....@gmail.com	22	4	61
-----	30	(51) 935481--	.....@gmail.com	23	4	61
-----	31	(51) 840659--	.....@gmail.com	24	5	61
-----	32	(51) 340923--	.....@gmail.com	28	5	61
-----	33	(51) 845111--	.....@gmail.com	25	3	61
-----	34	(51)965697--	.....@gmail.com	26	4	61
-----	35	(51) 912303--	.....@notapipe.org	22	3	61
-----	36	(51) 920298--	.....@gmail.com	28	3	61
-----	37	(51) 842436--	.....@unisinós.br	41	5	63
-----	38	(51) 325144--	.....@gmail.com	31	5	61
-----	39	(51) 990172--	.....@gmail.com	26	5	61
-----	40	(51) 988732--	.....@gmail.com	25	5	61
-----	41	(51) 996623--	.....@gmail.com	29	4	61
-----	42	(51) 123456--	.....@gmail.com	31	4	61
-----	47	(51) 302428--	.....@gmail.com	27	4	61
-----	48	(51) 111111--	.....@gmail.com	30	5	62
-----	49	(51) 818395--	.....@yahoo.com	31	4	61
-----	50	(51) 916282--	.....@dell.com	24	4	61
-----	51	(51) 332078--	.....@dell.com	30	5	62
-----	52	(51) 974522--	.....@dell.com	24	3	61
-----	53	(51) 930782--	.....@gmail.com	27	5	63

TABELA TB_PERSONALITY_TRAIT

User	Extrov	Orderl	Emotional S.	Accom.	Inquis.
24	50	46	54	48	64
25	56	68	42	50	60
26	42	54	34	36	60
27	62	48	52	50	62
28	58	48	50	54	58
29	46	44	52	62	54
30	48	58	50	48	84
31	54	44	62	48	60
32	52	46	46	48	56
33	40	54	52	44	52
34	58	50	34	56	52
35	44	50	58	46	38
36	50	48	52	56	54
37	46	40	54	60	48
38	40	52	58	36	54
39	60	42	52	56	54
40	52	34	42	44	50
41	46	62	52	48	48
42	42	58	62	48	54
47	48	48	58	54	60
48	54	60	44	58	38
49	42	34	56	52	56
50	42	42	64	56	58
51	54	46	48	64	42
52	38	42	54	54	46
53	44	42	64	48	48

TABELA TB_LOCATION

id	name
1	Porto Alegre - Norte
2	Porto Alegre - Sul
3	Porto Alegre - Leste
4	Porto Alegre - Oeste
5	Porto Alegre - Centro
6	PUC
7	TecnoPuc
8	São Leopoldo
9	Unisinos
10	UniTec

id	name
11	Canoas
12	La Salle
13	Novo Hamburgo
14	Feevale
15	Esteio
16	Sapucaia do Sul
17	Zoológico de Sapucaia do Sul
18	UFRGS
19	IPA
20	Ulbra

TABELA TB_KNOWLEDGE

id	name
1	General Literature - GENERAL
2	General Literature - INTRODUCTORY AND SURVEY
3	General Literature - REFERENCE (e.g., dictionaries...
4	General Literature - MISCELLANEOUS
5	Hardware - GENERAL
6	Hardware - CONTROL STRUCTURES AND MICROPROGRAMMING...
7	Hardware - ARITHMETIC AND LOGIC STRUCTURES
8	Hardware - MEMORY STRUCTURES
9	Hardware - INPUT/OUTPUT AND DATA COMMUNICATIONS
10	Hardware - REGISTER-TRANSFER-LEVEL IMPLEMENTATION
11	Hardware - LOGIC DESIGN
12	Hardware - INTEGRATED CIRCUITS
13	Hardware - PERFORMANCE AND RELIABILITY (C.4) (NEW)
14	Hardware - MISCELLANEOUS
15	Computer Systems Organization - GENERAL
16	Computer Systems Organization - PROCESSOR ARCHITEC...
17	Computer Systems Organization - COMPUTER-COMMUNICA...
18	Computer Systems Organization - SPECIAL-PURPOSE AN...
19	Computer Systems Organization - PERFORMANCE OF SYS...
20	Computer Systems Organization - COMPUTER SYSTEM IM...
21	Computer Systems Organization - MISCELLANEOUS
22	Software - GENERAL
23	Software - PROGRAMMING TECHNIQUES (E)
24	Software - SOFTWARE ENGINEERING (K.6.3)
25	Software - PROGRAMMING LANGUAGES
26	Software - OPERATING SYSTEMS (C)
27	Software - MISCELLANEOUS
28	Data - GENERAL
29	Data - DATA STRUCTURES
30	Data - DATA STORAGE REPRESENTATIONS
31	Data - DATA ENCRYPTION
32	Data - CODING AND INFORMATION THEORY (H.1.1)
33	Data - FILES (D.4.3, F.2.2, H.2)
34	Data - MISCELLANEOUS
35	Theory of Computation - GENERAL
36	Theory of Computation - COMPUTATION BY ABSTRACT DE...
37	Theory of Computation - ANALYSIS OF ALGORITHMS AND...
38	Theory of Computation - LOGICS AND MEANINGS OF PRO...
39	Theory of Computation - MATHEMATICAL LOGIC AND FOR...
40	Theory of Computation - MISCELLANEOUS
41	Mathematics of Computing - GENERAL

42	Mathematics of Computing - NUMERICAL ANALYSIS
43	Mathematics of Computing - DISCRETE MATHEMATICS
44	Mathematics of Computing - PROBABILITY AND STATIST...
45	Mathematics of Computing - MATHEMATICAL SOFTWARE
46	Mathematics of Computing - MISCELLANEOUS
47	Information Systems - GENERAL
48	Information Systems - MODELS AND PRINCIPLES
49	Information Systems - DATABASE MANAGEMENT (E.5)
50	Information Systems - INFORMATION STORAGE AND RETR...
51	Information Systems - INFORMATION SYSTEMS APPLICAT...
52	Information Systems - INFORMATION INTERFACES AND P...
53	Information Systems - MISCELLANEOUS
54	Computing Methodologies - GENERAL
55	Computing Methodologies - SYMBOLIC AND ALGEBRAIC M...
56	Computing Methodologies - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
57	Computing Methodologies - COMPUTER GRAPHICS
58	Computing Methodologies - IMAGE PROCESSING AND COM...
59	Computing Methodologies - PATTERN RECOGNITION
60	Computing Methodologies - SIMULATION AND MODELING ...
61	Computing Methodologies - DOCUMENT AND TEXT PROCES...
62	Computing Methodologies - MISCELLANEOUS
63	Computer Applications - GENERAL
64	Computer Applications - ADMINISTRATIVE DATA PROCES...
65	Computer Applications - PHYSICAL SCIENCES AND ENGI...
66	Computer Applications - LIFE AND MEDICAL SCIENCES
67	Computer Applications - SOCIAL AND BEHAVIORAL SCIE...
68	Computer Applications - ARTS AND HUMANITIES
69	Computer Applications - COMPUTER-AIDED ENGINEERING
70	Computer Applications - COMPUTERS IN OTHER SYSTEMS...
71	Computer Applications - MISCELLANEOUS
72	Computing Milieux - GENERAL
73	Computing Milieux - THE COMPUTER INDUSTRY
74	Computing Milieux - HISTORY OF COMPUTING
75	Computing Milieux - COMPUTERS AND EDUCATION
76	Computing Milieux - COMPUTERS AND SOCIETY
77	Computing Milieux - LEGAL ASPECTS OF COMPUTING
78	Computing Milieux - MANAGEMENT OF COMPUTING AND IN...
79	Computing Milieux - THE COMPUTING PROFESSION
80	Computing Milieux - PERSONAL COMPUTING
81	Computing Milieux - MISCELLANEOUS

TABELA TB_USER_LOCATION

userid	locationid	userid	locationid	userid	locationid
28	18	37	9	47	11
29	5	37	10	47	15
29	2	38	11	47	13
29	18	38	13	47	5
30	11	38	5	47	3
30	5	38	2	47	1
30	3	38	9	47	4
30	18	39	15	47	2
31	5	39	8	47	6
31	3	39	9	47	8
31	4	40	11	47	16
31	2	40	5	47	7
31	6	40	3	47	9
31	8	40	6	48	3
31	18	40	20	48	7
32	5	41	11	49	11
32	3	41	15	49	1
32	6	41	5	49	8
32	7	41	3	49	9
32	20	41	1	49	10
32	9	41	4	50	3
33	11	41	8	50	6
33	3	41	9	50	7
33	7	41	10	51	3
33	20	42	5	51	1
34	5	42	1	52	3
34	18	42	18	52	1
35	11	44	11	52	6
35	5	44	15	52	8
35	9	44	14	52	16
36	3	45	16	52	7
36	6	46	11	52	10
36	7	46	15	53	8
37	11	46	13	53	9
37	8	46	8	53	10
37	18	46	16		

Os nomes das colunas dessa tabela foram abreviados por uma questão de visualização e os dados foram postos lado a lado também por uma questão de visualização. Os nomes das colunas são, respectivamente: userid e peopleid.

TABELA TB_CONTACTS

user	pid	user	pid	user	pid	user	pid	user	pid	user	pid	user	pid	user	pid
25	36	28	1	33	20	36	13	39	6	44	16	47	12	49	37
25	38	28	35	33	17	36	14	39	21	44	15	47	30	49	9
25	26	28	8	33	12	36	18	39	34	44	25	47	31	49	4
26	2	28	37	33	13	36	19	39	5	44	2	47	6	49	36
26	3	28	9	33	18	36	26	39	1	44	20	47	11	49	38
26	7	28	4	33	19	37	2	39	24	44	17	47	33	49	26
26	30	28	36	33	26	37	20	39	35	44	28	47	32	49	39
26	6	28	38	34	2	37	22	39	8	44	29	47	21	50	16
26	34	28	26	34	20	37	27	39	37	44	7	47	34	50	15
26	1	28	39	34	22	37	3	39	10	44	30	47	13	50	2
26	24	28	23	34	27	37	29	39	9	44	6	47	5	50	17
26	35	29	28	34	3	37	7	39	36	44	11	47	1	50	22
26	8	29	29	34	7	37	30	39	38	44	33	47	24	50	3
26	37	29	30	34	31	37	31	39	26	44	32	47	14	50	12
26	10	29	31	34	6	37	6	39	39	44	34	47	35	50	11
26	9	29	32	34	33	37	21	40	16	44	5	47	18	50	14
26	4	30	31	34	21	37	34	40	15	44	1	47	8	50	18
26	36	30	33	34	34	37	5	40	12	44	24	47	19	50	19
26	38	30	32	34	5	37	35	40	11	44	8	47	37	50	26
26	26	30	1	34	1	37	19	40	24	44	10	47	10	51	16
27	15	30	26	34	24	37	37	40	18	44	4	47	9	51	15
27	2	31	28	34	35	37	10	40	26	44	26	47	4	51	17
27	3	31	31	34	8	37	9	41	2	45	3	47	36	51	11
27	7	31	33	34	37	37	4	41	20	46	25	47	38	51	5
27	12	31	32	34	10	37	36	41	22	46	2	47	26	51	19
27	30	31	1	34	9	37	38	41	27	46	3	47	39	52	16
27	31	31	35	34	4	37	26	41	3	46	12	47	23	52	15
27	6	31	26	34	36	37	39	41	30	46	30	48	20	52	12
27	5	32	22	34	38	38	22	41	6	46	18	48	27	52	11
27	1	32	27	34	26	38	28	41	21	46	19	48	21	52	13
27	8	32	7	35	2	38	29	41	34	46	36	48	19	52	14
27	4	32	30	35	3	38	33	41	5	46	38	48	37	52	18
27	36	32	11	35	30	38	32	41	1	46	39	48	4	52	19
27	26	32	21	35	6	38	1	41	24	47	16	48	38	52	26
27	23	32	34	35	21	38	35	41	35	47	15	48	26	53	30
28	2	32	5	35	34	38	4	41	8	47	25	49	2	53	6
28	20	32	1	35	5	38	26	41	37	47	2	49	3	53	34

28	22	32	35	35	35	39	2	41	9	47	20	49	7	53	5
28	3	32	37	35	9	39	20	41	4	47	17	49	30	53	1
28	29	32	4	35	4	39	22	41	36	47	22	49	34	53	35
28	7	32	38	35	26	39	27	41	38	47	27	49	5	53	9
28	30	32	26	36	16	39	3	41	26	47	3	49	1	53	4
28	6	33	16	36	17	39	7	42	5	47	28	49	24	53	36
28	21	33	15	36	12	39	30	42	24	47	29	49	35	53	26
28	5	33	25	36	11	39	31	42	26	47	7	49	8		

Os nomes das colunas dessa tabela foram abreviados por uma questão de visualização e os dados foram postos lado a lado também por uma questão de visualização. Os nomes das colunas são, respectivamente: userid, knowledgeid e familiaritylevel.

TABELA TB_INTERESTS

user	kid	lvl	user	kid	lvl	user	kid	lvl	user	kid	lvl	user	kid	lvl	user	kid	lvl
26	73	1	30	31	3	31	34	5	34	23	4	38	23	5	48	56	3
26	32	2	30	29	5	31	7	2	34	24	4	38	24	2	48	74	3
26	30	2	30	7	2	31	6	2	34	37	4	39	71	3	48	80	2
26	29	2	30	6	2	31	5	4	34	36	4	39	20	3	48	73	3
26	49	3	30	9	2	31	9	1	34	35	4	39	21	3	48	79	4
26	52	2	30	12	1	31	12	1	34	38	4	39	57	4	48	52	4
26	51	2	30	11	1	31	11	2	34	39	4	39	58	1	48	51	3
26	43	2	30	8	2	31	8	1	34	40	4	39	62	3	48	27	3
26	41	2	30	13	3	31	14	3	35	57	4	39	74	5	48	26	3
26	22	2	30	50	2	31	49	3	35	58	4	39	30	1	48	25	5
26	26	2	30	43	3	31	47	3	35	59	1	39	5	2	48	23	4
26	25	4	30	41	2	31	43	4	35	6	2	39	26	3	48	24	5
26	23	4	30	45	2	31	41	4	35	5	2	39	25	4	48	37	1
26	37	2	30	46	2	31	45	3	35	41	3	39	23	2	49	20	4
26	35	1	30	42	1	31	46	4	35	46	3	41	20	4	49	17	1
26	38	1	30	44	3	31	42	3	35	44	3	41	17	4	49	19	3
26	39	1	30	22	3	31	44	4	35	39	1	41	15	5	49	16	1
28	63	3	30	27	3	31	26	3	37	68	1	41	57	3	49	57	4
28	67	3	30	26	4	31	25	5	37	63	2	41	80	4	49	58	2
28	20	4	30	25	3	31	23	5	37	71	2	41	31	3	49	60	1
28	17	1	30	23	2	31	37	5	37	67	1	41	1	2	49	26	1
28	16	2	30	24	1	31	38	5	37	20	4	41	22	4	49	25	3
28	56	5	30	37	3	31	39	2	37	16	4	41	26	4	49	23	1
28	57	4	30	36	3	31	40	2	37	56	2	41	24	3	50	63	3
28	61	4	30	35	3	32	61	4	37	60	2	45	69	1	50	71	3
28	58	5	30	38	3	32	80	2	37	75	4	45	70	3	50	54	3
28	59	5	30	39	3	32	31	3	37	76	2	45	63	1	50	32	3
28	60	5	30	40	3	32	29	4	37	74	2	47	63	4	50	31	3

28	75	3	31	68	2	32	49	4	37	77	1	47	65	3	50	30	4
28	76	2	31	63	5	32	47	4	37	73	1	47	67	4	50	34	2
28	2	3	31	71	5	32	50	4	37	6	3	47	20	5	50	51	4
28	25	4	31	20	4	32	51	5	37	12	2	47	17	3	50	53	3
28	23	3	31	17	5	32	25	5	37	10	1	47	15	3	50	22	4
29	65	1	31	15	5	33	49	3	37	48	4	47	19	2	50	27	3
29	19	2	31	21	5	33	44	3	37	26	5	47	16	2	50	26	3
29	56	1	31	19	3	33	25	4	37	25	5	47	56	3	50	25	5
29	1	1	31	16	4	33	24	3	37	23	4	47	57	1	50	23	5
29	26	3	31	18	3	34	20	3	37	24	4	47	60	5	50	24	4
29	25	3	31	56	3	34	56	3	37	37	4	47	75	5	51	29	1
30	63	2	31	57	2	34	55	3	38	63	5	47	32	1	51	51	1
30	65	2	31	61	3	34	74	3	38	20	5	47	7	4	52	47	3
30	20	4	31	54	5	34	2	4	38	17	5	47	5	2	52	51	3
30	17	5	31	58	2	34	4	4	38	18	5	47	43	4	52	53	3
30	19	4	31	62	5	34	3	4	38	60	3	47	44	4	52	71	3
30	16	4	31	60	5	34	43	4	38	77	3	47	26	4	36	24	3
30	56	2	31	55	3	34	41	4	38	80	5	47	25	4	36	25	3
30	58	4	31	32	5	34	45	4	38	31	4	47	23	3	36	27	3
30	59	3	31	31	5	34	46	4	38	30	1	47	24	5	36	30	3
30	60	4	31	30	5	34	44	4	38	22	5	47	37	3	36	49	3
30	55	2	31	29	5	34	22	4	38	27	5	47	39	1	36	50	3
30	77	3	31	33	5	34	27	4	38	26	1	48	17	4	53	65	5
30	32	4	31	28	5	34	25	5	38	25	3	48	19	5	53	75	5

TABELA TB_EDUCATION

id	name
1	Primeiro grau completo
2	Segundo grau completo
3	Superior incompleto
4	Superior completo
5	Pós-graduação

TABELA TB_PROFESSION

id	name	id	name
1	Administrador	33	Guardador e Lavador de Veículos
2	Advogado	34	Jornalista
3	Aeronauta	35	Leiloeiro
4	Arquivista / Técnico de Arquivo	36	Leiloeiro Rural
5	Artista/Técnico em espetáculos de diversões	37	Massagista
6	Assistente Social	38	Medicina Veterinária
7	Atleta de Futebol	39	Médico

8	Atleta Profissional de Futebol
9	Atuário
10	Bibliotecário
11	Biólogo
12	Biomédico
13	Bombeiro Civil
14	Contabilista
15	Corretor de Imóveis
16	Corretor de Seguros
17	Despachante Aduaneiro
20	Educação Física
21	Empregado Doméstico
22	Eneólogo
23	Enfermagem
24	Engenharia da Segurança
25	Engenheiro / Arquiteto / Agrônomo
26	Estatístico
27	Farmacêutico
28	Fisioterapeuta e Terapeuta Ocupacional
29	Fonoaudiólogo
30	Garimpeiro
31	Geógrafo
32	Geólogo
40	Mototaxista e Motoboy
41	Museólogo
42	Músico
43	Nutricionista
44	Oceanógrafo
45	Odontologia
46	Orientador Educacional
47	Peão de Rodeio
48	Pescador Profissional
49	Psicologia
52	Radialista
53	Relações Públicas
54	Representantes Comerciais Autônomos
55	Secretário - Secretário Executivo e Té...
56	Sociólogo
57	Técnico em Prótese Dentária
58	Técnico em Radiologia
59	Técnico Industrial
60	Zootecnista
61	Programador
62	Analista de Sistemas
63	Professor