

## 2 Ontologias

Neste capítulo serão apresentadas as principais motivações e justificativas para o uso de perfis de usuários descritos por meio de ontologias. O capítulo está dividido em três subseções: a primeira apresenta definições para o termo ontologia e a definição usada neste trabalho; a segunda apresenta a ontologia gerada como modelo de perfis de usuários. Ainda na segunda subseção são apresentados o processo de desenvolvimento usado e a linguagem representação de ontologias OWL (*Web Ontology Language*). Por fim, são apresentados os possíveis cenários de utilização da ontologia proposta.

### 2.1. O que é uma ontologia?

Uma das definições mais citadas na literatura é a de Tom Gruber (1993) que define ontologia como:

*An ontology is an explicit specification of a conceptualization.*

Como esta definição é genérica e abstrata, houve espaço para que fosse criada uma certa confusão em torno da definição de ontologia. Encontra-se na literatura que uma especificação explícita de uma conceitualização pode abranger desde simples vocabulários até teorias axiomatizadas. Assim, Chris Welty e N. Guarino (1998) propuseram uma gradação para as diversas interpretações dadas ao termo ontologia:

- Léxico: vocabulário com definições de linguagem natural.
- Taxionomia simples.
- Thesaurus: taxionomia mais termos relacionados.
- Modelo Relacional: uso irrestrito de relações arbitrárias.
- Teoria totalmente axiomatizada.

Desta forma, alguns autores como, por exemplo, (Daum & Merter 2002) passaram a considerar uma definição de vocabulário, definido por uma DTD (*Document Type Definition*), como uma ontologia.

Para este trabalho, no entanto, não se considera um vocabulário com sendo uma ontologia. Entende-se que uma ontologia também possui relacionamentos e restrições entre os conceitos definidos pelo vocabulário.

Um tipo de relacionamento básico é o hierárquico *é-um* (IS-A). Existem diversas especificações definidas somente com relacionamentos hierárquicos que são denominadas *taxionomias*. Entretanto, ontologias também incluem relacionamentos não hierárquicos. Pode-se ter relacionamentos como *tem-interesse-em* entre os conceitos *pessoa* e *interesse*, sem que se trate de um relacionamento hierárquico.

Além de definir relacionamentos, as ontologias geralmente possuem restrições, sendo então definidas como axiomas. Em uma ontologia sobre pessoas, pode-se construir uma restrição sobre o conceito *pessoa* baseada no relacionamento *tem-nome*, "*uma pessoa tem exatamente um nome*". Desta maneira, construiu-se uma restrição sobre o conceito *pessoa*.

Quando um sistema processa uma ontologia, também é possível inferir novas informações por meio de regras de inferência. Por exemplo, considere uma ontologia em que *parente* é um relacionamento mais geral do que *mãe*. Se *Maria é mãe de André*, o sistema será capaz de concluir que *Maria é parente de André*. Desta maneira, se um usuário consultar esta ontologia perguntando quem é parente de Maria, o sistema poderá responder que André é parente de Maria sem que esse fato tenha sido declarado.

Este trabalho, contudo, considera que uma ontologia compreende um vocabulário que possui relacionamentos e restrições entre seus termos e, por meio de regras de inferência, é possível derivar novos fatos baseando-se em fatos existentes.

## **2.2. A Ontologia de Perfis de Usuários**

Através de uma análise do domínio da aplicação chegou-se a alguns requisitos fundamentais para modelagem das informações dos usuários dentro do contexto deste trabalho. São eles:

- A ontologia deve possuir conceitos relacionados ao *matching*: estes conceitos permitirão que usuários descubram similaridades de perfil com outros usuários.
- A ontologia deve possuir conceitos relacionados com comunicação: estes conceitos permitirão que usuários possam se comunicar com outros usuários por meio da disponibilização de formas de contato. As formas de contato podem ser: e-mail, mensagens instantâneas, etc.
- A ontologia deve possuir conceitos relacionados com redes de relacionamentos que permitirão aos usuários aumentarem suas redes de relacionamentos sociais após a ocorrência de uma colaboração espontânea.

Uma vez identificados os requisitos principais para a modelagem dos perfis de usuários, iniciou-se a sua modelagem propriamente dita. Foi utilizada na construção uma estratégia *Top-Down* onde os conceitos e suas relações são identificados partindo-se dos cenários de uso e dos requisitos.

A idéia principal da ontologia é fazer com que usuários disponibilizem interesses sobre os quais estariam dispostos a interagir com outros usuários. Desta maneira, quando um usuário seleciona um interesse, significa que ele está disposto a interagir sobre o tópico selecionado. Observou-se, então, que interesses podem depender da localização do usuário, ou seja, existem locais em que um usuário deseja e outros em que ele não deseja interagir. Da mesma forma, é natural pensar que podem existir usuários que queiram informar níveis de interesses diferenciados para cada localização. Por exemplo, um usuário poderia indicar que seu interesse por *futebol* é mais relevante (alto) em um local de lazer do que num local de trabalho.

Deste modo, as principais abstrações da ontologia são os conceitos Pessoa (*Person*), interesse (*Interest*), nível de interesse (*InterestLevel*) e localização (*Location*). A Figura 2 e a Figura 3 ilustram os conceitos, propriedades e relacionamentos da ontologia.

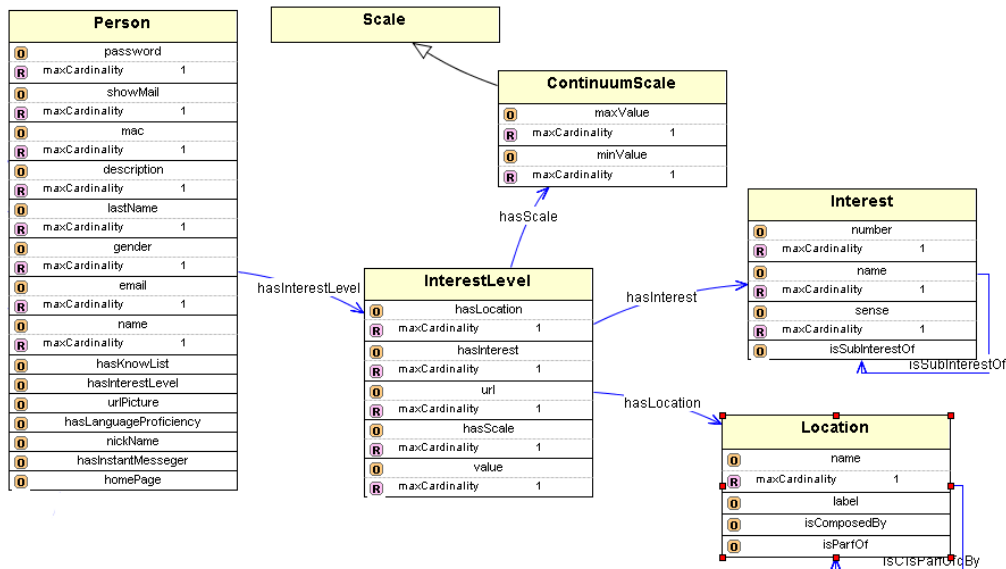


Figura 2 - Conceitos relacionados com o *matching* no MMS

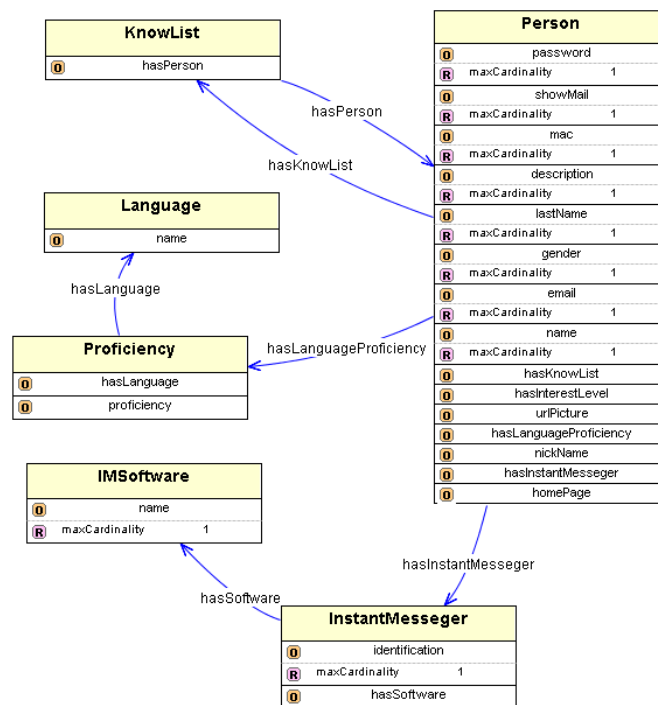


Figura 3 – Outros conceitos da ontologia proposta

Caso os usuários queiram disponibilizar um interesse com um mesmo nível para todas as regiões simbólicas, eles poderão fazer isto por meio de uma instância do conceito *Location* chamada *allLocations* (todas as localizações). Quando um nível de interesse é relacionado com um *allLocations*, significa que o

interesse e seu respectivo nível são válidos para todas as regiões simbólicas que os usuários venham a ocupar.

Um nível de interesse é mensurado por uma escala. A ontologia atual disponibiliza uma instância de escala padrão (*defaultScale*). A *defaultScale* é uma escala contínua onde o valor mínimo é 0 (zero) e o valor máximo é 10 (dez). Os usuários da ontologia são livres para criar outras escalas ou instâncias de escalas.

O conceito *Location* também contém duas relações que informam que um local pode ser parte (*isPartOf*) ou composto (*isComposedBy*) de outros locais. Por exemplo, o edifício *Padre Leonel Franca* é parte da *PUC-Rio*, já a *PUC-Rio* é composta por vários edifícios sendo um deles o *Padre Leonel Franca*. Da mesma maneira, o conceito *Interest* contém uma relação (*isSubInterestOf*) que informa que um interesse é subinteresse de outro. Estas relações de hierarquia entre instâncias foram criadas para serem utilizadas pelas máquinas de inferências. Por exemplo, se um usuário tem interesse por *mecânica dos fluidos*, então o sistema pode derivar que ele tenha algum tipo de interesse por *física*. Discussões mais detalhadas sobre tais inferências são apresentadas no próximo capítulo.

Entre os conceitos que facilitam a comunicação entre usuário destacam-se linguagem (*Language*) e proficiência (*Proficiency*) que podem indicar idiomas em que os usuários são capazes de se comunicar e os conceitos (*InstantMessenger*, *IMSoftware*) os quais podem apontar contatos dos usuários em programas de mensagens instantâneas.

Quanto à questão de rede de relacionamento, estão disponibilizados na ontologia conceitos que permitem aos usuários criar listas de amigos (*knowList*). Este conceito foi adicionado com o objetivo de prover uma forma de indexação de contatos entre os usuários que tenham eventualmente colaborado.

Assim, a ontologia disponibiliza conceitos de forma que qualquer aplicação que esteja baseada nas definições sugeridas se beneficie da ontologia proposta pelo serviço de *matchmaking*. Cabe ressaltar aqui que a ontologia do MMS possui semelhanças com a ontologia FOAF (*Friend of a Friend*). FOAF só não pode ser utilizada diretamente, pois não possui uma interpretação adequada para este trabalho sobre o conceito *interesse*. Assim, devido às semelhanças entre as duas ontologias, acredita-se na possibilidade de, no futuro, tornar a ontologia do MMS uma extensão da ontologia FOAF (redefinindo o entendimento sobre interesses). Desta forma, se o MMS utilizar uma ontologia FOAF estendida

será possível que o serviço de *matchmaking* se torne compatível com aplicações que concordem com os conceitos da FOAF.

Contudo, os conceitos e relacionamentos entre os conceitos da ontologia do MMS atual podem ser analisados em detalhes no anexo 1 ou em (Machado, 2004).

### **2.2.1. Ontologias no Contexto do MMS**

A justificativa para a utilização de perfis descritos como ontologias é a sua capacidade de inferir novos fatos por meio de regras de inferência. De acordo com (Calì, et al. 2004), em cenários de problemas de *matchmaking*, as informações são geralmente incompletas<sup>5</sup>. Isto ocorre porque muitas vezes os usuários estimam que algumas de suas informações são irrelevantes ou então eles não têm paciência para o preenchimento de longos formulários. Portanto, considerar a forma como as informações são descritas se torna um passo importante para se tentar alcançar uma melhor solução de *matching*.

O uso de uma máquina de inferência no processo de *matching* permite que novos fatos sobre perfis sejam inferidos, o que, conseqüentemente, pode auxiliar na obtenção de resultados mais significativos. Por exemplo, quando um usuário preenche um formulário com seus dados de perfil, o MMS pode analisar estes dados e realizar inferências para que as informações sejam as mais completas possíveis. Estas inferências podem derivar fatos automaticamente ou mediante a confirmação do usuário.

Uma vez que dois sistemas concordem com as definições de uma ontologia, eles poderão se comunicar. Um segundo objetivo para a utilização de ontologias é a de prover interoperabilidade entre o servidor MMS e seus clientes. Cabe lembrar que, se a única justificativa para o uso de uma ontologia fosse interoperabilidade, uma DTD resolveria este problema.

Desta forma, pode-se imaginar situações onde o MMS recebe dados de sistemas externos e realiza inferências sobre estes dados. A Figura 4 apresenta um sistema externo e o MMS concordando sobre as definições de uma ontologia. Como o sistema externo é capaz de gerar perfis válidos e o MMS entende estes dados, então o sistema externo pode se comunicar com o serviço

---

<sup>5</sup> Em especial neste problema, onde existem interfaces disponibilizadas por meio de dispositivos móveis.

de *matchmaking*. Conseqüentemente, o MMS tem capacidade de inferir sobre os dados recebidos por meio de uma máquina de inferência.

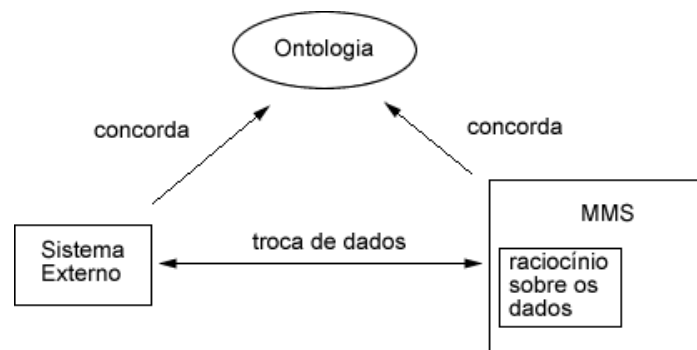


Figura 4 – Utilização de ontologias no MMS

O exemplo acima apresenta as principais motivações para a utilização de ontologias no contexto do MMS: raciocínio (inferências) sobre dados e interoperabilidade.

### 2.2.2. Processo de Desenvolvimento da Ontologia

Para a construção da ontologia de perfis de usuários utilizou-se o processo chamado KUP (*Knowledge Unified Process*) (Orlean, 2003). O KUP é um processo unificado para o projeto e criação de ontologias. Enquanto algumas metodologias atuais possuem um processo bem elaborado de levantamento de requisitos e análise do domínio, outras se concentram em questões referentes ao formalismo da ontologia, em seu projeto ou implementação. Escolheu-se o KUP, pois este processo propõe a unificação de diversas características oriundas de metodologias distintas em um processo abrangente, composto por um conjunto de atividades e resultados associados a essas atividades, com o objetivo de garantir a geração de uma ontologia.

O KUP incorpora a idéia de *framework* de processo onde o usuário pode instanciar um conjunto de disciplinas. Durante o desenvolvimento da ontologia foram instanciadas as seguintes disciplinas do KUP, com base nas suas instruções de instanciação:

- **Análise de viabilidade:** A análise de viabilidade permite a identificação prévia de possíveis oportunidades que podem acelerar o processo de desenvolvimento ou de possíveis problemas que podem aumentar o seu risco.

- Análise de requisitos: Na disciplina de análise de requisitos devem ser interativamente levantados os requisitos da ontologia ou das aplicações que serão desenvolvidas a partir dela.
- Projeto da ontologia: A disciplina de projeto compreende as atividades que irão culminar com a geração da ontologia em um modelo conceitual que permita sua implementação posterior.
- Implementação: Na disciplina de implementação é codificada a ontologia em uma linguagem específica a partir dos artefatos gerados nas atividades anteriores.

Das disciplinas instanciadas, a análise de viabilidade foi a menos útil dentro do contexto deste trabalho, pois se trata de uma disciplina que questiona a necessidade de recursos humanos e financeiros de um projeto.

O KUP também questiona a existência de ontologias que possam vir a ser reutilizadas. Percebeu-se que a tarefa de tentar reutilizar conceitos provenientes de outras ontologias acabou dificultando o entendimento do problema como um todo. Muitas vezes tentou-se incorporar conceitos que pouco auxiliavam em uma modelagem efetiva dos perfis. Desta forma, resolveu-se entender melhor o domínio do problema para, posteriormente, tentar incorporar conceitos de outras ontologias.

Na maioria dos casos, o processo KUP ajudou no desenvolvimento da ontologia, pois apresenta questionamentos pertinentes que auxiliam o desenvolvimento.

### **2.2.3. Linguagem para Representação de Ontologias**

Partindo do pressuposto que XML (*Extensible Markup Language*) (XML, 2004) só expressa sintaxe, foram criadas linguagens de representação de ontologias para que fosse possível modelar um domínio descrevendo não só seu vocabulário, mas também relacionamentos entre os termos e ainda possibilitar algum poder de inferência. Entre as linguagens de representação criadas, pode-se destacar a evolução de linguagens como RDF (*Resource Description Framework*) (RDF, 2004) (Decker, et al. 2000), RDF-S (*Resource Description Framework-Schema*) (RDFS, 2004), DAML+OIL (*DARPA Agent Markup Language + Ontology Inference Layer*) (DAML, 2001) (Fensel et al, 2001) e OWL (*Web Ontology Language*) (OWL, 2004). Todas têm por base a idéia proveniente



de RDF, onde o “mundo” é descrito por meio de declarações na forma de triplas. Por exemplo, uma declaração sobre uma pessoa poderia ser: *João ama Maria*, onde *João* e *Maria* são instâncias do conceito *pessoa*; *ama* é um relacionamento entre os recursos instanciados do conceito *pessoa*. Cabe lembrar que se realizou apenas uma declaração sobre *João*, ou seja, nada foi dito sobre *Maria*.

Baseada nas linguagens OIL e DAML+OIL, OWL foi originalmente criada para ser utilizada quando a informação contida em documentos necessitasse ser processada por aplicações *Web*. OWL provê três sub linguagens que foram especificadas para atender diferentes tipos de necessidades (OWLOverview, 2004):

- OWL Lite - sua finalidade principal é dar suporte para que classificações hierárquicas com restrições simples sejam criadas. Por exemplo, restrições de cardinalidade são permitidas para apenas valores iguais a zero ou um. Assim, OWL Lite é própria para a construção de taxionomias e tesouros.
- OWL DL - sua finalidade é prover um maior grau de expressividade onde todas as conclusões são computáveis (completude) e todas as computações terminam em tempo finito (decidíveis). OWL DL corresponde a *description logic* (Baader et al, 2003).
- OWL Full - sua finalidade é prover o máximo de expressividade e liberdade sintática. Com OWL Full, os usuários podem aumentar o vocabulário pré-definido de RDF ou OWL, porém sem nenhuma garantia computacional. Assim, máquinas de inferência poderão não derivar conclusões ou poderão não ser computáveis em tempo finito.

No desenvolvimento da ontologia de perfis de usuários, escolheu-se OWL DL justamente pela necessidade de restrições de cardinalidade diferentes das suportadas por OWL Lite. Entre os construtores de OWL DL pode-se destacar aqueles que são provenientes de esquema RDF como *domain*, *range* e construtores de OWL Lite como cabeçalhos, versionamento, igualdade, restrições etc. Então, a OWL DL define construtores próprios para restrições de cardinalidade arbitrária (*minCardinality*), classe de axiomas (*disjointWith*), combinações de expressões sobre classes (*unionOf*), etc.

Para implementar a ontologia em OWL, utilizou-se o editor Protégé (Protégé, 2005) (Noy, et al. 2001). O Protégé possui uma interface de fácil utilização para a criação de instâncias e uma quantidade considerável de *plugins* que aumentam o número de funcionalidades do Protégé.

Neste trabalho foram utilizados alguns *plugins*, tais como: *plugin* que permite exportar e importar ontologias no formato OWL (OwlPlugin, 2005) e um *plugin* que permite ao usuário do Protégé trabalhar no desenvolvimento de ontologias na forma de diagramas chamado ezOWL (EzOwl, 2005). A

Figura 5 ilustra a utilização do editor Protégé com o ezOWL.

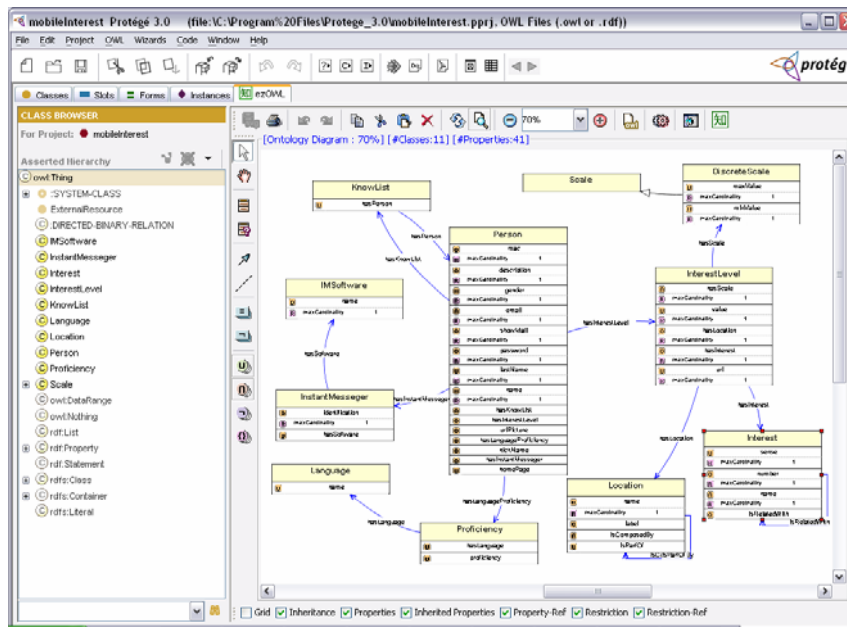


Figura 5 - Utilizando o Protégé com o plugin ezOWL

### 2.3. Cenários de Aplicações da Ontologia de Perfis de Usuários

Apesar deste trabalho ter como foco aplicações de colaboração espontânea, a subseção 2.3.1 apresenta comentários sobre cenários onde ambientes como lojas, bares e etc. tentam interagir com os clientes em potencial. Na subseção 2.3.2 são apresentados comentários sobre cenários voltados para o problema de colaboração espontânea.

### **2.3.1. Interação entre Ambientes e Pessoas**

Um cenário conhecido de interação entre pessoas e um ambiente são os cenários de *marketing* móvel. Basicamente, este cenário consiste no envio de mensagens para usuários portando dispositivos móveis, com o objetivo de fazer propaganda de um determinado produto. A ontologia, juntamente com o serviço de *matchmaking*, proporciona a construção deste cenário, pois podem possibilitar que propagandas sejam enviadas para usuários próximos de lojas e que tenham um grau de interesse elevado pelos os itens oferecidos. Como ilustração, uma loja poderia criar um perfil de interesse de acordo com o tipo de consumidor que ela deseja atingir e toda vez que um usuário entrar em uma região simbólica próxima da loja, o MMS poderia analisar o perfil do consumidor desejado contra o perfil dos usuários presentes na área simbólica monitorada. Desta forma, mensagens seriam enviadas para usuários com um grau de similaridade elevado. Esta abordagem evitaria que todos usuários recebessem mensagens de propaganda, evitando envio de informação desnecessária.

Análogo ao cenário anterior, existe um cenário onde estabelecimentos comerciais enviam mensagens contendo descontos, cupons promocionais e etc. para os usuários próximos do estabelecimento. Apesar do MMS possibilitar a localização de usuários com similaridade alta, a ontologia não possui nenhum mecanismo para indexar mensagens. Considera-se este aspecto como um requisito específico para esta aplicação; na construção da ontologia focou-se especialmente em conceitos e relacionamentos genéricos.

Conclui-se que qualquer tipo de cenário onde se queira realizar comunicação com usuários poderá utilizar a ontologia do MMS para enviar mensagens para usuários com um perfil específico. O MMS foi pensado para que aplicações enviem mensagens para usuários com um certo perfil e em uma certa localização, porém utilizar ou não a informação de localização depende do cenário que se deseja alcançar. A seção seguinte aborda os cenários onde atividades de colaboração espontânea são mais evidentes.

### **2.3.2. Interação entre Pessoas**

Um cenário de interações entre pessoas é o cenário de conferências. Neste cenário, os participantes da conferência podem utilizar seus dispositivos móveis e serviços de *matchmaking* e localização para encontrar outros

participantes que tenham interesses relacionados e que estejam próximos. Por exemplo, os participantes de um congresso poderiam indicar seus interesses em tópicos de pesquisa em um *Web Site* do evento. Através de um *software* em execução em dispositivos móveis, os usuários acessariam o serviço de *matchmaking* que se encarregaria de avisar a existência de usuários próximos e com perfil similar. Desta forma, os participantes da conferência poderiam aproveitar melhor o evento para fazer contatos, trocar idéias, fazer negócios, etc.

Um cenário parecido com o anterior é aquele onde aplicações visam facilitar encontros entre adolescentes. Neste cenário, inicialmente usuários indicam suas características físicas e seus interesses. No momento em que eles realizam a inscrição no serviço, para notificações futuras, eles podem criar restrições para filtrar respostas do serviço relativas a sexo, idade, altura. Assim, o serviço de *matchmaking* se encarregaria de indicar pessoas próximas com interesses similares e que atendam às restrições impostas pelos usuários. Existem exemplos de serviços baseado neste cenário, alguns deles pode ser encontrados na seção 1.5 desta dissertação.

O serviço de *matchmaking* também pode ser utilizado para atender a um cenário que descreve situações de emergência. Neste cenário, um usuário pode enviar mensagens pedindo ajuda para usuários que tenham alta probabilidade de interesses por tópicos relacionados à medicina e que estejam em localizações próximas. Assim, o serviço localizaria usuários (talvez possíveis médicos) que poderiam ajudar em uma situação de emergência.

Aplicações que visam à formação de grupos também poderão ser construídas com a utilização do serviço e por meio da ontologia. Atualmente, é comum se ver formação de grupo de forma não móvel, por exemplo, as comunidades do Orkut (Orkut, 2005). Porém, com o MMS também existe a possibilidade de formação de grupos ocasionais. Podem-se imaginar situações onde pessoas poderiam se encontrar dentro de um shopping para realizar compras em grupo com o objetivo de aumentar seus poderes de barganha. Desta forma, pessoas que compartilham dos mesmos interesses poderiam formar grupos espontâneos, que por sua vez, poderiam barganhar por descontos, trocar informações, se comunicar etc.

Todos os cenários estão altamente relacionados. De forma simples, eles visam a encontrar pessoas que estejam em uma determinada região simbólica e que tenham um perfil previamente estabelecido. O serviço de *matchmaking* baseado na ontologia pode atender cenários que possuam tais características.

Como apresentado, pode ocorrer de não existirem conceitos e relacionamentos na ontologia para atender a cenários específicos. Assim, possíveis extensões dos conceitos base da ontologia deverão ser adaptadas para atender a casos específicos, dependendo da aplicação.