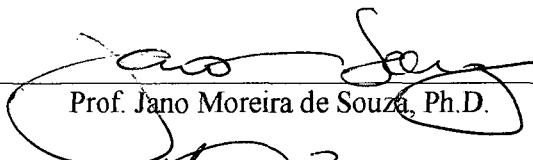


SISTEMA MÓVEL DE APOIO A COMUNIDADES DE APRENDIZADO USANDO  
UMA REDE PEER-TO-PEER

Felipe Gentil Leite

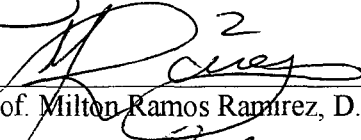
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE  
SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:



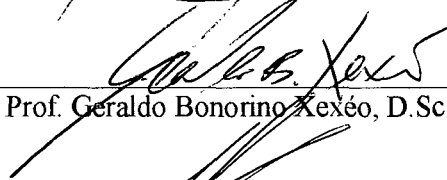
---

Prof. Jano Moreira de Souza, Ph.D.



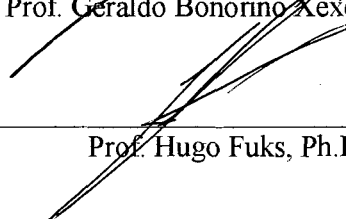
---

Prof. Milton Ramos Ramirez, D.Sc.



---

Prof. Geraldo Bonorino Xexéo, D.Sc.



---

Prof. Hugo Fuks, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

JULHO DE 2005

LEITE, FELIPE GENTIL

Sistema Móvel de Apoio a Comunidades  
de Aprendizado usando uma Rede Peer-to-  
peer [Rio de Janeiro]

2005

IX, 88 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ,  
M.Sc., Engenharia de Sistemas e  
Computação, 2005)

Tese - Universidade Federal do Rio  
de Janeiro, COPPE

1. Comunidade Ubíqua de Aprendizado
2. Computação Móvel
3. Educação à Distância

I. COPPE/UFRJ    II. Título (série)

A minha família e meus amigos

## AGRADECIMENTOS

Aos professores Milton Ramirez e Jano Moreira de Souza, pela orientação, incentivo que me proporcionaram na vida acadêmica e profissional.

Ao professor Blaschek, pelo apoio, incentivo e oportunidade na vida profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo suporte financeiro a este trabalho.

Aos meus colegas do mestrado pela amizade, companheirismo, ensinamentos e conversas produtivas (Bernardo, Rodrigo, Gustavo, Viviane, Jonice, Rafael, Juliana, etc...).

À Patrícia Leal, sempre disposta a ajudar, amiga e sempre muito paciente comigo.

À Bia, pela paciência, ajuda e compreensão nos diversos momentos em que me ausentei para me dedicar a esse trabalho.

Aos meus pais e familiares que me deram apoio nessa fase da minha vida.

E a todos que me ajudaram de alguma forma para que fosse possível a conclusão desse trabalho.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## SISTEMA MÓVEL DE APOIO A COMUNIDADES DE APRENDIZADO

### USANDO UMA REDE PEER-TO-PEER

Felipe Gentil Leite

Julho/2005

Orientador: Jano Moreira de Souza

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Este trabalho tem como objetivo propor a utilização de computadores móveis, principalmente por causa da sua característica de ubiqüidade, para auxiliar o aprendizado de um grupo de usuários. Para isso, foi desenvolvido um sistema de auxílio à construção colaborativa do conhecimento pessoal, isto é, baseada na troca de conhecimentos armazenados em computadores móveis dos membros de uma comunidade de aprendizado. Para a validação do sistema proposto foi implementado um protótipo e alguns testes foram realizados.

Nesse trabalho serão detalhados a modelagem do sistema proposto e a implementação de um protótipo. O sistema utilizará a tecnologia peer-to-peer com o objetivo de minimizar as limitações de recursos dos computadores móveis.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

MOBILE SYSTEM TO SUPPORT LEARNING COMMUNITIES USING  
PEER-TO-PEER NETWORK

Felipe Gentil Leite

July/2005

Advisor: Jano Moreira de Souza

Department: Systems and Computing Engineering

In this work is proposed the use of mobile computers, mainly because of its characteristic of ubiquity, to support the learning of a group of users. For this, a system to support the building of the personal knowledge collaboratively was developed, that is, based on the exchange of knowledge stored in mobile computers of the members of a learning community. For the validation of the system proposed a prototype was implemented and some tests was realized.

In this work it will be detailed the modeling of the system proposed and the implementation of its prototype. The system proposed will be based on peer-to-peer network aiming to minimize the resource limitations of the mobile computers.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica</b>	<b>5</b>
2.1 Conceitos Básicos	5
2.1.1 Educação à Distância	5
2.1.1.1 Conhecimento	7
2.1.1.2 Learning Objects	7
2.1.2 Comunidade de Aprendizado	8
2.1.2.1 Gestão de Conhecimento na Comunidade	12
2.1.3 Computação Móvel	13
2.1.4 Peer-to-peer	17
2.1.5 Busca Semântica	21
2.1.5.1 Ontologia	23
2.2 Trabalhos Relacionados	24
2.2.1 MILK	24
2.2.2 Edutella	26
2.2.3 KnowMobile	27
2.2.4 K-Trek	30
<b>3. A proposta</b>	<b>31</b>
3.1 Requisitos da Proposta	31
3.1.1 Motivação e Objetivo	31
3.1.2 Cenário Geral	32
3.1.3 Justificando as tecnologias adotadas	33
3.1.4 Funcionamento do sistema	35

3.2	Arquitetura do sistema.....	43
3.3	Vantagens e Desvantagens.....	54
<b>4.</b>	<b>Implementação do Protótipo .....</b>	<b>56</b>
4.1	Testes e Resultados.....	61
<b>5.</b>	<b>Conclusão e Trabalhos Futuros .....</b>	<b>69</b>
	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>73</b>
	<b>Apêndice A – Questionário de Avaliação do Protótipo .....</b>	<b>81</b>
	<b>Apêndice B – Modelo de <i>Learning Object</i>.....</b>	<b>85</b>
	<b>Apêndice C – Telas do protótipo.....</b>	<b>87</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura de um ambiente móvel.....	13
Figura 2 – Configuração simplificada do sistema proposto.....	36
Figura 3 – Configuração do sistema proposto .....	42
Figura 4 - Modelo da arquitetura.....	44
Figura 5 – Arquitetura do sistema .....	44
Figura 6 – Interface de consulta de conhecimento do protótipo.....	48
Figura 7 – Os três tipo de busca : Busca 1 .....	49
Figura 8 – Os três tipo de busca : Busca 2.....	50
Figura 9 – Os três tipo de busca : Busca 3.....	51
Figura 10 – Tecnologias utilizadas no processo de backup.....	60
Figura 11 – Modelo do <i>Learning Object</i> .....	85
Figura 12 – Uso do modelo de Learning Object .....	86
Figura 13 – Tela inicial do protótipo.....	87
Figura 14 – Tela do cadastro de um conhecimento.....	88
Figura 15 – Tela de resultados de busca .....	88

# 1. Introdução

Sistema de apoio a educação à distância é uma área da computação que está sendo bastante pesquisada nos últimos tempos, sendo definida por (HENTEA *et al.*, 1998) como “o processo de extensão do aprendizado a partir de uma localidade distante da sala de aula utilizando vídeo, áudio, computador, comunicação multimídia ou até uma combinação desses métodos”. (SHNEIDERMAN *et al.*, 1995)

A educação à distância e a aula tradicional não são mutuamente exclusivos, isto é, o ideal é que essas duas formas sejam complementares, proporcionando assim um melhor ensino para os alunos (HENTEA *et al.*, 1998). E muitos sistemas de educação à distância foram implementados e estão em pleno funcionamento baseados nessa afirmação, como por exemplo o DigitalEE (OKADA *et al.*, 2001).

Um método de aprendizado tradicional é o grupo de estudos. Nesse método, um grupo de pessoas se reúne com o objetivo de estudar um determinado assunto. Com o objetivo de aproveitar os bons resultados do grupo de estudos e as vantagens da internet e da tecnologia dos computadores, foi criado o conceito de comunidade virtual. A comunidade virtual foi definida formalmente por (PAWLOWSKI *et al.*, 2000) como sendo um grupo informal de pessoas engajadas em torno de um interesse comum, que utilizam uma rede de computadores para colaborarem entre si. No caso de uma comunidade de aprendizado, o interesse em comum do grupo é aprender sobre um determinado assunto. (KERIEVSKY, J., 2001)

Graças à convergência do avanço das pesquisas no aumento da confiabilidade das redes sem fio e no poder computacional dos computadores móveis, a computação móvel está se tornando uma realidade (BARBARÁ, 1998). Somando a isso ao crescimento da sua

popularidade, é razoável prever que no futuro as pessoas armazenem parte dos seus conhecimentos nos seus computadores portáteis. O avanço recente da tecnologia dos computadores móveis possibilitou pesquisas e desenvolvimento de aplicações tanto na área de educação à distância como de comunidades para os computadores móveis, como por exemplo os projetos WILD (ROSCHELLE *et al.*, 2002) e Proem (KORTUEM, 2002).

As principais vantagens de um sistema baseado em rede de computadores móveis são: a ubiqüidade, a portabilidade e o custo reduzido se comparado com as redes de computadores fixos (BURG *et al.*, 1998). Assim, uma comunidade de aprendizado baseada em rede de computadores móveis possibilita um melhor aproveitamento da disponibilidade dos seus membros, uma vez que o aprendizado passa a ser ubíquo, isto é, a qualquer momento em qualquer lugar. Apesar dos limites de recursos existentes nestes dispositivos, a decisão de utilizar computadores móveis é adequada, uma vez que pela rede sem fio serão trocados objetos que representam os conhecimentos distribuídos de cada membro da comunidade de aprendizado e, diferentemente dos computadores fixos, os computadores móveis são geralmente utilizados apenas pelos seus proprietários.

Essa dissertação tem como objetivo propor a utilização de uma rede de computadores móveis, principalmente por causa da sua característica de ubiqüidade, para auxiliar o aprendizado de um grupo de usuários. Para isso, foi desenvolvido um sistema de auxílio à construção colaborativa do conhecimento pessoal, isto é, baseada na troca de objetos que representam conhecimentos armazenados nos computadores móveis dos membros de uma comunidade de aprendizado. Para a validação do sistema proposto foi implementado um protótipo e alguns testes foram realizados com um grupo de estudos formado por alunos de mestrado. Nesses testes foram utilizados simuladores instalados em computadores fixos conectados através de uma rede cabeada, ao invés de computadores

móveis conectados através de uma rede sem fio. Deve ser observado que esse sistema difere da grande maioria dos sistemas de educação à distância que são baseados em computadores fixos e utilizam a internet.

Nesse trabalho também serão detalhadas a modelagem do sistema proposto e a implementação de um protótipo.

Visando minimizar os problemas relacionados com as limitações de recursos dos computadores móveis o sistema será baseado na tecnologia *peer-to-peer*. A decisão de escolher a tecnologia peer-to-peer se deve ao fato desta possuir certas características úteis a uma arquitetura baseada em uma rede de computadores móveis para comunidades de aprendizado, como por exemplo: i) favorecer a descentralização dos conhecimentos da comunidade, pois são dados pessoais; ii) tolerância à falha, para o problema das desconexões frequentes (planejadas e não planejadas) em uma rede sem fio; iii) escalabilidade, gerenciando a variação do número de membros na comunidade; iv) auto organização dos computadores na rede; v) natureza dinâmica, ideal para um sistema composto por computadores móveis. (GONG *et al.*, 2002) e (SATYANARAYANAN, 1996)

Há vários cenários reais que usufruirão de tal tipo de sistema. O desenvolvimento do sistema apresentado nesse trabalho foi focado em um cenário formado por um grupo de estudos de alunos de um curso de graduação, que colaborando entre si, busca apurar os seus conhecimentos sobre os assuntos relacionados com a matéria do curso. Há outros cenários possíveis para utilizar o sistema proposto, nos quais a característica de mobilidade do computador móvel seria mais enfatizada, como no caso de um membro da comunidade que estivesse visitando um museu ou um zoológico. Nestes cenários o usuário poderia compartilhar os seus novos conhecimentos com a comunidade durante o seu aprendizado.

Esse trabalho está organizado da seguinte forma: no próximo capítulo serão detalhados e definidos conceitos básicos que serão utilizados ao longo do trabalho e haverá uma revisão bibliográfica dos trabalhos similares já realizados. No terceiro capítulo será apresentada a proposta do sistema, descrevendo detalhadamente a sua modelagem e o seu funcionamento. No capítulo seguinte serão descritos a implementação de um protótipo do sistema, os testes realizados e seus resultados. Finalmente no último capítulo haverá a conclusão do trabalho e os próximos passos para dar continuidade a pesquisa.

## **2. Revisão Bibliográfica**

Este capítulo tem como objetivo, através de uma revisão bibliográfica, definir conceitos básicos para o entendimento da proposta desse trabalho e apresentar uma breve análise dos trabalhos relacionados ressaltando as suas contribuições para esta dissertação.

### **2.1 Conceitos Básicos**

Nesta seção serão discutidos conceitos básicos necessários para o entendimento do projeto proposto. Serão explorados conceitos de educação à distância, comunidades de aprendizado, computação móvel e peer-to-peer.

#### **2.1.1. Educação à Distância**

Educação à distância é o processo de extensão do aprendizado a partir de uma localidade distante da sala de aula utilizando vídeo, áudio, computador, comunicação multimídia ou até uma combinação desses métodos, de acordo com a definição de (HENTEA *et al.*, 1998). Segundo os mesmos autores, a educação à distância e a aula tradicional não são mutuamente exclusivos, logo o cenário ideal seria se essas duas formas fossem complementares, proporcionando assim um melhor ensino para os alunos. Alguns exemplos da vantagem existente em uma aula tradicional em relação a educação à distância é a convivência social e a expressão oral dos alunos. Analisando as afirmações anteriores, o sistema que será proposto posteriormente tem como objetivo auxiliar a aula tradicional.

Um sistema de educação à distância oferece liberdade de tempo e espaço a seus usuários, pois há a possibilidade dos alunos acessarem o sistema de educação à distância a partir de qualquer computador no momento em que eles quiserem. Uma outra vantagem de um sistema de educação à distância é a possibilidade de personalizar o aprendizado. Devido

a essas vantagens muitas universidades estão investindo nessa área, sendo que a grande maioria tem como objetivo auxiliar o aprendizado da aula no campus da universidade. (THOMAS *et al.*, 1998), (FUKS *et al.*, 2002) e (FERREIRA *et al.*, 2003)

Na educação à distância os papéis do professor e do aluno mudam. O professor se torna um “orientador de estudos”, guiando e encorajando os seus alunos (“*guide on the side*”). Já o aluno tem uma maior responsabilidade no seu aprendizado porque ele deverá buscar o conhecimento utilizando as facilidades oferecidas pela tecnologia, diferentemente de uma aula tradicional em que um professor transmite os conhecimentos para os alunos, e estes os aceitam passivamente. Além disso, o professor precisa desenvolver novas habilidades para gerenciar e criar conteúdo para os ambientes de aprendizado. (FUKS *et al.*, 2002)

A utilização de computadores móveis na educação à distância não é meramente uma simplificação dos ambientes de educação à distância da rede fixa para funcionarem em computadores móveis. Devido as características dos computadores móveis, a sua utilização oferece novas oportunidades. Por causa da portabilidade, um sistema de educação à distância baseado em computadores móveis tem a vantagem de tornar o aprendizado ubíquo, pois os alunos poderão estudar a partir de qualquer lugar, e não necessariamente nos laboratórios das universidades. Os dispositivos de comunicação sem fio fazem com que seja possível a troca de objetos que representam um conhecimento de uma forma simples e eficaz. Uma outra vantagem de um ambiente de educação à distância baseado em uma rede de computadores móveis é o seu baixo custo se comparado a um ambiente baseado em computadores fixos. (TATAR *et al.*, 2003)

Nas três subseções seguintes serão detalhados e definidos conceitos centrais para uma melhor compreensão da proposta apresentada nesse trabalho.

### **2.1.1.1. Conhecimento**

É necessário que seja definido o conceito de conhecimento, pois será esse o objeto que será trocado entre os membros da comunidade. Segundo (MORESI, 2001), antes de definir conhecimento é preciso definir dois conceitos: dado e informação. O dado é o conceito mais simples, podendo ser definidos como sinais que ainda não foram processados, correlacionados, integrados, avaliados ou interpretados, incluindo os textos, gráficos, estatísticas, registros, por exemplo.

Já o conceito informação pode ser definido como sendo os dados que passaram por algum tipo de processamento para serem exibidos de uma forma inteligível para as pessoas que irão utilizá-lo. Assim, o conhecimento pode ser definido como sendo informações que foram avaliadas sobre sua confiabilidade e relevância, sendo obtido pela interpretação e integração de várias informações.

Uma outra definição mais simples do conhecimento, segundo (TIWANA, 2003), é que o conhecimento é uma informação utilizada de forma produtiva. A transição de informação para conhecimento é possível apenas quando um sistema colaborativo faz com que o usuário forneça seus conhecimentos mais valiosos de forma espontânea.

### **2.1.1.2. Learning Objects**

Como no modelo proposto serão utilizados esses objetos, nesta seção será detalhado os *Learning Objects* (conhecidos também como *LOs*), um padrão de objetos de aprendizado. Há várias definições para *Learning Objects*, sendo que nesse trabalho será utilizada a definição da IEEE (LOM, 2002), que define *Learning Objects* como sendo qualquer entidade, digital ou não, que pode ser usada, reusada e referenciada por uma tecnologia de suporte ao aprendizado, como por exemplo uma comunidade de aprendizado. (LI *et al.*, 2003)



O padrão da IEEE é mais difundido de *Learning Objects*, e tem como um dos principais objetivos garantir a interoperabilidade entre as aplicações de aprendizado. Esse padrão é muito complexo e possui uma grande variedade de informações. (LOM, 2002)

Uma das vantagens da utilização de *Learning Objects* é a possibilidade de reutilizar esses objetos, evitando assim redundância de conceitos sobre determinados conhecimentos. Além disso, a reutilização economiza espaço de armazenamento, um fator crítico nos computadores móveis. Utilizando *Learning Objects* será possível criar um novo conhecimento a partir de conhecimentos já criados.

### **2.1.2. Comunidade de Aprendizado**

Como o sistema proposto nesse trabalho tem como objetivo oferecer suporte a uma comunidade de aprendizado, esta seção tem como objetivo descrever uma comunidade de aprendizado e fazer um breve estudo sobre uma comunidade virtual.

As pessoas são seres sociáveis e se organizam em sociedade buscando viver da melhor forma possível. Comunidades são formadas em todos os lugares, como por exemplo no trabalho. Mas porque quando o assunto é aprendizado muitas pessoas decidem que este processo deve ser individual? Segundo (WENGER, 1991), isso ocorre porque o processo de aprendizado está relacionado com a forma individual das aulas tradicionais, livros, exercícios para serem feitos em casa e aulas didáticas.

As comunidades virtuais são baseadas nas comunidades de prática, sendo esta última definida através de três dimensões: i) sobre o que é a comunidade, ii) como ela funciona e iii) qual é a sua capacidade de produção. Geralmente as comunidades de prática são criadas com o objetivo de encontrar uma solução para algum problema dos seus membros. (WENGER, 1998)

As comunidades virtuais podem ser definidas como sendo um grupo de pessoas engajadas em um interesse em comum, tendo seus eventos e ações compartilhadas através de uma rede de computadores. Caso o interesse em comum dos membros da comunidade seja o aprendizado de um determinado assunto, essa comunidade pode ser definida como uma comunidade de aprendizado. Deve ser observado que as pessoas participantes das comunidades virtuais são geralmente voluntárias. (PAWLOWSKI *et al.*, 2000)

Tanto (KOLLOCK, 1997) como (LEEDER *et al.*, 2004) concordam em afirmar que os maiores problemas de uma comunidade não são de caráter tecnológico e sim os relacionados com a interação e organização social (barreiras políticas e culturais, por exemplo).

Para que uma comunidade virtual tenha sucesso é necessário que os seus membros estejam interagindo constantemente entre eles. Essa interação pode ser definida com o “ritmo” da comunidade. Quando esse ritmo é alterado aumentando o número de interações, os membros da comunidade podem ficar sobrecarregados, mas por outro lado se o ritmo é lento, os membros podem ficar desinteressados. Assim, o principal requisito de um sistema de suporte a comunidades virtuais é possuir funcionalidades focadas na promoção da interação entre os membros da comunidade, pois quanto mais intensa for a interação, maior será a colaboração dos mesmos. E quanto maior for essa colaboração, maior será a produção de conhecimentos individuais entre os membros da comunidade, aumentando assim o “conhecimento da comunidade”, que pode ser definido como sendo a união dos conhecimentos de todos os membros da comunidade. (WENGER *et al.*, 2002)

Em (WENGER *et al.*, 2002) foram definidos alguns requisitos para o sucesso da comunidade: os membros deverão ter garantia que irão interagir dentro da comunidade no futuro; cada membro poderá conhecer quem são os outros membros; e os membros devem

ter acesso ao comportamento dos outros membros na comunidade. Além disso, a comunidade deve ser composta por participantes de diferentes qualificações, como por exemplo uma comunidade de aprendizado ser composta por alunos e professores. As regras e os objetivos da comunidade devem ser estabelecidos de uma forma bem clara, mas deve ser ressaltado que tanto as regras como os objetivos da comunidade devem ser definidos e gerenciados por vários membros da comunidade. Deve haver também um monitoramento com o propósito de fazer com que a comunidade se mantenha focada no seu objetivo e para resolver divergências entre os seus participantes. Em uma comunidade de aprendizado quando há a participação de um professor, geralmente é ele que executa este papel. Uma escala gradual de sanções poderá também ser criada para que o monitor as aplique quando algum tipo de falta grave for cometida por um membro.

É importante que exista tanto um espaço público, no qual todos os membros terão acesso, como um espaço privado, no qual o acesso a um determinado recurso será restrito apenas ao seu proprietário ou a quem ele der permissão. Uma outra recomendação encontrada em (KOLLOCK, 1997) é sobre o tamanho da colaboração, que não deve ser limitado, possibilitando assim o envio de todo o histórico do assunto juntamente com a nova colaboração para a comunidade.

No desenvolvimento de um sistema de apoio a uma comunidade virtual deve ser prevista uma forma de prevenir que uma pessoa entre na comunidade, utilize o conteúdo compartilhado da comunidade e a abandone sem que tenha deixado alguma contribuição, evitando que membros não ativos entrem na comunidade.

Baseado em (WENGER *et al.*, 2002), (LEEDER *et al.*, 2004), (WENGER, 1998), (WENGER, 1991) e (KOLLOCK, 1997), abaixo há uma lista contendo resumidamente os princípios básicos para o sucesso de uma comunidade de aprendizado virtual:

- a. Deve haver uma interação entre os membros da comunidade, e para isso os membros devem estar conectados através de uma rede de computadores;
- b. A comunidade deve ser composta por pessoas de diferentes níveis de conhecimento;
- c. Deve haver um monitoramento, cujos objetivos são: manter o foco das discussões e resolver divergências;
- d. As regras da comunidade devem ser definidas por vários membros da comunidade;
- e. A comunidade deve ser gerenciada por um grupo de pessoas;
- f. As regras e objetivos devem ser definidos de forma clara e objetiva;
- g. Os membros da comunidade devem estabelecer um ritmo para a comunidade;
- h. Um membro deve conhecer os outros membros e suas ações na comunidade;
- i. Deve haver penalizações para os membros que infringirem as regras da comunidade;
- j. Cada membro da comunidade deve ter um espaço privado;

**Lista 1: Princípios básicos para o sucesso de uma comunidade de aprendizado virtual**

Deve ser ressaltado que em uma comunidade de aprendizado composta por uma turma, os alunos têm uma maior responsabilidade no processo de aprendizado. Isso porque quando um aluno colaborar com a comunidade, ele estará colaborando diretamente com o aprendizado dos outros membros da comunidade.

### **2.1.2.1. Gestão de Conhecimento na Comunidade**

Em (LIEBOWITZ, 2000), gestão de conhecimento é definida como o processo de criação de valores a partir dos bens intangíveis de uma organização. Dessa forma, a gestão de conhecimento tem como objetivo gerenciar um dos bens mais valiosos das empresas, o conhecimento dos seus empregados.

Como em uma comunidade de aprendizado existem diversas fontes de conhecimento, a gestão de conhecimento é importante uma vez que seu objetivo é gerenciar os conhecimentos de forma com que estes sejam direcionados para os membros mais interessados em cada assunto. Assim, a gestão de conhecimento incentiva os membros da comunidade de aprendizado a criar novos conhecimentos a partir de conhecimentos já criados na comunidade de aprendizado.

Em (SCHULZ *et al.*, 2000), é proposto a utilização de agentes móveis para gerenciar o conhecimento em um ambiente móvel que utiliza uma rede *ad hoc*. Mas neste trabalho, além dos computadores móveis, há computadores fixos para armazenar o conhecimento.

Uma outra sugestão de utilizar gestão de conhecimento em uma comunidade de prática é feita por (BONIFACIO *et al.*, 2003), na qual é apresentada uma arquitetura, denominada KEx, baseada na tecnologia peer-to-peer. Nessa arquitetura é apresentada a gestão de conhecimento distribuída, uma vez que cada peer, denominados K-Peers, provê serviços para criar e gerenciar os conhecimentos localmente, resolvendo assim o problema de heterogeneidade das formas dos conhecimentos na gestão de conhecimento.

### 2.1.3. Computação Móvel

A computação móvel está se tornando uma realidade devido à convergência do avanço das pesquisas em duas áreas: redes sem fio (focando na confiabilidade) e computadores móveis (focando no poder computacional). As principais características da computação móvel são a mobilidade e portabilidade. Uma outra característica dos computadores móveis segundo (BURG *et al.*, 1998), é o fato de muitos modelos de computadores móveis (os *Personal Digital Assistants* – PDAs por exemplo) terem um custo mais baixo que os computadores fixos. Essa são as principais razões que levaram diversas universidades a investirem neste modelo de computador para seus projetos em educação à distância. Além do custo do computador móvel, geralmente manter uma rede sem fio tem um custo menor se comparada com uma rede para computadores fixos. A popularização dos computadores móveis é uma consequência da redução dos custos desse tipo de computadores.

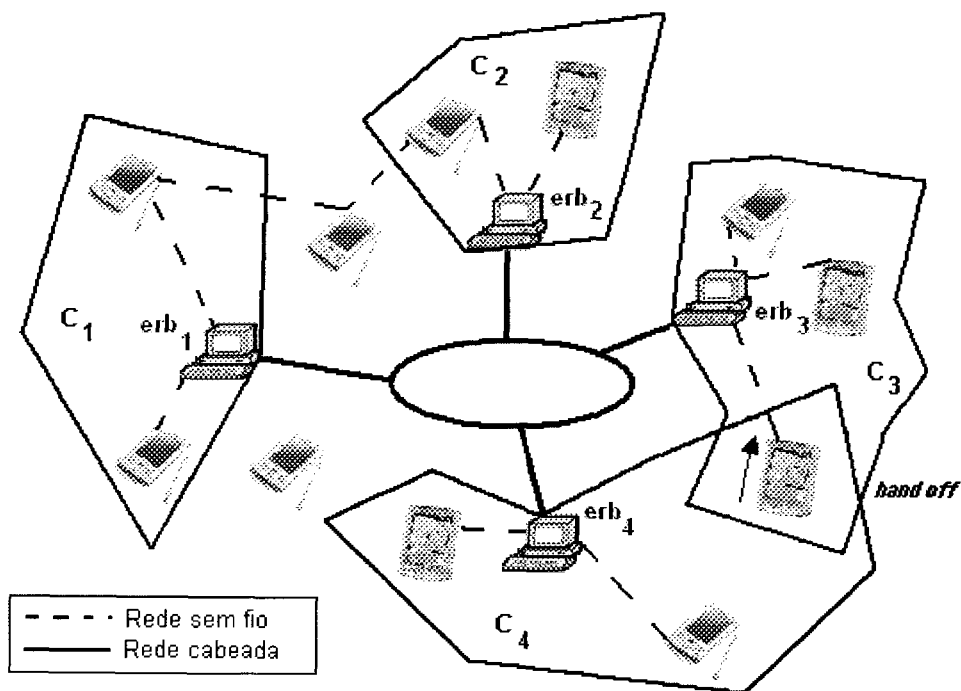


Figura 1 - Arquitetura de um ambiente móvel

Na Figura 1 pode ser observado o exemplo mais comum de uma arquitetura de um ambiente móvel. O ambiente é composto por duas entidades: computadores móveis e computadores fixos. Os computadores fixos são conectados entre si por uma rede cabeada de alta velocidade se comparada com uma rede sem fio, e através de antenas são delimitadas áreas nas quais os computadores fixos se comunicam com os computadores móveis, sendo essas áreas denominadas células ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  e  $C_4$ ). Dessa forma, os computadores móveis localizados em uma determinada célula são coordenados por um computador fixo, denominado estação rádio base (erb). As células não têm tamanhos pré-definidos, pois dependem da topologia do local e essas podem se sobrepor em determinadas áreas.

Nesta arquitetura os computadores móveis podem trocar dados entre si, mas isso só é possível através das erbs. Um exemplo de uma troca de mensagem seria se um computador móvel localizado na célula  $C_2$  enviasse uma mensagem para um computador móvel localizado na célula  $C_4$ . Esta mensagem seria transmitida através da  $erb_2$  para a  $erb_4$  através da rede cabeada para depois ser enviada a partir da  $erb_4$  para o computador móvel destino.

Um evento que merece ser destacado nessa arquitetura é quando um computador móvel troca de célula, pois a partir desse momento esse computador móvel será coordenado por outro computador fixo. Esse evento é denominado *hand off*. Pode ocorrer também de um computador móvel se conectar com outro sem utilizar um computador fixo, sendo este tipo de rede denominada *ad hoc*. (MATEUS *et al.*, 1998)

Já em 1996, (SATYANARAYANAN, 1996) ressaltava quatro características dos computadores móveis intrínsecas a sua mobilidade, independente das tecnologias utilizadas na atualidade. Sempre os computadores móveis terão menos recursos que os computadores

fixos, pois há um preço ao reduzir o tamanho dos seus componentes. Os computadores móveis são frágeis, sujeitos a extravio ou à perda. Fazendo uma comparação com a uma rede cabeada, a conectividade da rede sem fio é instável e insegura. Como em uma rede sem fio os dados são transmitidos através do ar em todas as direções utilizando geralmente canais de frequência (outra possibilidade seria os canais de infravermelho), os dados podem sofrer interferências das ondas eletromagnéticas geradas por outros transmissores como por exemplo um forno de microondas. Essas interferências geram ruídos e erros na transmissão dos dados, tornando a rede sem fio instável. Finalmente, os computadores móveis têm o problema de ter sua energia limitada e, conseqüentemente, o seu tempo de uso sem que seja necessário recarregar a sua bateria é limitado. Este tipo de problema não existe nos computadores fixos.

Sobre o tamanho reduzido dos seus componentes, apesar dos computadores móveis apresentarem limitações de capacidade de processamento e de armazenamento de informações, ainda assim é possível armazenar e processar informações necessárias a vários tipos de aplicação. Já sobre a interface, há problemas tanto na interface de saída, uma tela com tamanho reduzido e com limitações de cores, como na interface de entrada, geralmente é utilizada uma caneta (conhecida também como *stylus*) ou um teclado de tamanho reduzido.

Por causa dos problemas de energia limitada e da conectividade da rede sem fio instável, pode ocorrer do usuário se desconectar sem que ele queira, seja porque faltou energia ou simplesmente porque perdeu o sinal da rede sem fio. Esse tipo de desconexão é denominado como “desconexão não planejada”. Há também o caso mais simples, no qual o usuário quer se desconectar. Logo, antes de encerrar a conexão, é executado o processo de desconexão, sendo esse tipo de desconexão denominado “desconexão planejada”. As



aplicações desenvolvidas para o ambiente móvel devem prever esses dois tipos de desconexões. (HOLLIDAY *et al.*, 2000) e (SATYANARAYANAN, 1996)

Devido as limitações de recursos descritas anteriormente, algumas funcionalidades precisam ser desenvolvidas para aplicações específicas em computadores móveis. Os computadores móveis podem continuar a processar informação mesmo quando estes estiverem desconectados. Deve haver também uma funcionalidade de adaptação à instabilidade da conexão com a rede sem fio também. Algum tipo de backup deve ser implementado na aplicação, pois conforme foi citado anteriormente, os computadores móveis são frágeis, sujeitos a extravio ou à perda. Já com o objetivo de economizar energia, o ideal seria prever quando o usuário poderá se desconectar e quando o computador poderá entrar em modo de espera.

Há duas formas de transmitir os dados do computador fixo para os computadores móveis. A primeira, o computador fixo atende um pedido (*request*) de um determinado computador móvel. A outra forma, denominada *broadcast*, é quando o computador fixo transmite os dados para todos os computadores móveis da sua célula, e estes filtram os dados que desejam utilizar.

Na área dos PDAs há também o problema de heterogeneidade tanto dos sistemas operacionais (Win CE, Palm OS, etc) como também dos diversos modelos (Palm, iPaq, etc). Logo, ao planejar uma aplicação, devem ser analisados os sistemas operacionais, os diversos modelos de PDAs e como eles se comunicarão entre si.

Uma tecnologia muito utilizada na computação móvel é o agente móvel, definido como um processo autônomo e flexível, executado a partir de um computador para executar uma determinada tarefa em um outro computador. Entenda-se como flexível um comportamento reativo (as ações externas do ambiente), pró-ativo (o agente deve aproveitar

as oportunidades do ambiente) e social (o agente deve interagir com o ambiente, inclusive com outros agentes). Para atingir o seu objetivo, o agente móvel pode se transportar pela rede, criar novos agentes ou interagir com outros sistemas/agentes. Após o término da tarefa, o agente móvel envia o resultado de sua execução para um computador previamente determinado. A eficiência do seu método de busca assíncrono na rede e o suporte a conexão intermitente são as principais vantagens para a utilização de agentes em um ambiente de computação móvel devido as limitações da rede sem fio já conhecidas. (JENNINGS *et al.*, 1998)

Além da vantagem de ter um menor custo, a utilização de computadores móveis em comunidades virtuais faz com que estas comunidades se tornem ubíquas, tornando possível que um membro possa colaborar com a comunidade a qualquer hora e em qualquer momento. Isso só é possível porque o computador móvel é capaz de armazenar e processar informações da comunidade e se comunicar com outros computadores.

#### **2.1.4. Peer-to-peer**

Pode ser encontrada em (STOICA *et al.*, 2001) uma definição simples de sistemas peer-to-peer como:

“um sistema distribuído sem nenhum objeto centralizador de controle ou organização hierárquica, no qual cada nó da rede executa as mesmas funções/serviços”.

Já em (GONG *et al.*, 2002), há uma definição mais formal de um sistema peer-to-peer como:

“composto por vários nós autônomos, denominados *peers*, que operam independentemente e de modo assíncrono com os outros nós,

interligados por uma rede de computadores, compartilhando serviços e recursos”.

Os nós de um sistema peer-to-peer se organizam em grupos (*peergroups*) cujos participantes têm um interesse em comum. Nessa arquitetura não há nenhum tipo de objeto centralizador ou controlador.

Se for feita uma comparação entre uma rede peer-to-peer e uma rede cliente/servidor, pode ser observado que a primeira é composta por nós que são servidores e clientes ao mesmo tempo, podendo haver assim uma redundância de dados e serviços. Caso essa redundância seja desejada em um modelo cliente/servidor, seria necessário utilizar mais de um servidor, elevando assim o custo do projeto. (DUNEE, 2001)

No modelo proposto será utilizada a tecnologia desenvolvida no projeto JXTA (JXTA, 2005), que especifica um conjunto de protocolos que permite que qualquer dispositivo colabore e se conecte em uma rede peer-to-peer. Esse projeto foi escolhido devido a seu sucesso e confiabilidade. Todos os recursos de uma rede JXTA (*peers*, serviços, *peergroups*, etc...) possuem *advertisements*, isto é, descritores (metadados) dos recursos, sendo esses um documento XML (XML, 2005). E pelo fato dos *advertisements* serem extensíveis, é possível que um desenvolvedor crie seu próprio tipo de metadados. Os *advertisements* são publicados com um tempo de vida, sendo o padrão quinze minutos.

As principais características apresentadas em (GONG *et al.*, 2002) de uma arquitetura peer-to-peer são:

- Escalabilidade

A quantidade de nós em um sistema peer-to-peer não faz com que a sua performance seja deteriorada, pois como não há nenhum tipo de objeto

centralizador, a entrada de um novo nó no sistema não acarreta nenhum tipo de tarefa adicional.

Como em uma rede peer-to-peer os nós têm total autonomia de associação, as regras de associação de um sistema peer-to-peer são definidas na aplicação, como por exemplo, uma aplicação pode exigir que o novo nó compartilhe uma determinada quantidade de recursos/serviços. (ELMASRI *et al.*, 2000)

- Descentralização das informações e dos serviços

Como não há nenhum objeto centralizador, as informações do sistema são armazenadas nos diversos nós. Nestes nós, os serviços providos são disponibilizados para todos os nós da rede peer-to-peer.

- Robustez

É a capacidade do sistema em continuar a sua execução independente das variações do ambiente.

Como não há nenhum objeto centralizador que controla um sistema peer-to-peer, caso ocorra um problema em um determinado nó ou em uma região da rede sem fio, apenas as informações e os serviços localizados nessa área ficarão indisponíveis enquanto o problema durar, mas o restante do sistema continuará a funcionar normalmente.

Em um modelo cliente/servidor caso ocorra uma falha no servidor, todo o sistema fica a espera da reparação desse problema.

Em uma arquitetura peer-to-peer não há possibilidade do sistema falhar por causa de um ataque de negação de serviços (DoS, *denial of services*) pelo simples fato do sistema não possuir um objeto centralizador.

- Tolerância à falha

É a capacidade do sistema em se recuperar caso ocorra alguma falha que impeça a sua execução.

Um sistema peer-to-peer deve ter uma política de replicação para que os recursos/serviços de um determinado nó estejam disponíveis em outros nós, minimizando assim a dependência do sistema em relação a esse determinado nó.

- Espontaneidade

Essa é uma característica intrínseca da maioria das aplicações peer-to-peer, uma vez que a participação de alguém na rede peer-to-peer depende unicamente da sua vontade.

- Dinamismo

Tanto os recursos como os serviços disponíveis em uma rede peer-to-peer são descobertos dinamicamente, no momento em que eles são requisitados por um participante.

- Auto-organização da rede

Pelo fato dessa arquitetura não possuir um objeto centralizador, tornou-se uma necessidade para os nós de serem auto-organizáveis, possibilitando assim a formação das redes peer-to-peer. Em geral uma rede peer-to-peer é organizada de forma que os nós interessados nos mesmos serviços estejam próximos.

Outra característica de um sistema peer-to-peer é a autonomia dos nós. Um nó tem liberdade total de se conectar e desconectar do sistema (autonomia de comunicação), escolher quando executar um determinado serviço (autonomia de execução) e armazenar e

gerenciar qualquer informação (autonomia de projeto). Para muitos pesquisadores essa autonomia é considerada excessiva demais, pois diferentemente de um sistema cliente/servidor, não há um controle dos nós em um sistema peer-to-peer. (LINDROOS, 2003) e (ÖZSU *et al.*, 2001)

Uma desvantagem da arquitetura peer-to-peer seria a pouca segurança, pois como não há nenhum tipo de controle sobre os diversos nós de um sistema, não há também nenhum tipo de controle sobre as ações e informações armazenadas nestes nós.

A utilização do peer-to-peer em um sistema composto por computadores móveis resolve o problema de heterogeneidade citado na seção 2.1.3. Além disso, a busca distribuída entre os nós é uma funcionalidade bastante útil em um sistema composto por computadores móveis uma vez que estes têm limites de recursos. (STOICA *et al.*, 2001)

### **2.1.5. Busca Semântica**

Um problema atual da internet devido ao seu crescimento acelerado e desordenado é a organização e recuperação da enorme quantidade de informação distribuída geograficamente. E, além disso, essa informação é heterogênea em forma e conteúdo. Assim sendo, a *web semântica* tem como objetivo introduzir uma estrutura e um significado bem definido, que possa ser interpretado por computadores (através de agentes) e humanos, das informações disponibilizadas na internet. Dessa forma, será possível criar uma busca que utilize essa estrutura, definida como busca semântica, cujo objetivo é procurar por elementos na internet (ou em outras redes de computadores) de forma mais eficaz.

A arquitetura da web semântica é composta por três camadas: de estrutura, de esquema e a lógica. A camada de estrutura é responsável por estruturar seus dados e definir

seu significado. A linguagem mais utilizada para definir o significado do conteúdo das informações é a RDF (*Resource Description Framework*) desenvolvido pelo W3C – *World Wide Web Consortium* (W3C, 2005). A especificação do RDF provê um *framework* sofisticado e simples, com funcionalidades para trocar ontologias e para combinar descrições com o objetivo de criar uma nova descrição. A ontologia é um componente da web semântica, situada na camada de esquema, que será detalhada na seção seguinte deste trabalho. A camada lógica é responsável por definir mecanismos para fazer inferências sobre os dados, sendo composta por um grupo de regras de inferência. (BONIFACIO, 2002)

Pelo fato das palavras poderem possuir significados ambíguos, a busca semântica irá ter resultados mais precisos que uma busca simples, pois irá buscar por páginas que referenciam um determinado conceito ao invés de páginas que têm esse conceito como palavra-chave.

Em um sistema baseado na arquitetura peer-to-peer, essa solução se torna ainda melhor, porque permite que os diferentes nós gerenciem (editar, criar e alterar as definições) suas estruturas de conhecimento enquanto eles trocam informações.

Quando é realizada uma busca por conhecimentos, geralmente a busca é submetida através do seu conteúdo e não pelo seu título. Por isso, a busca baseada em ontologia é um serviço importante quando os recursos procurados são educacionais, diferentemente de uma busca por um arquivo de música, que é necessário apenas o nome da música ou do artista. Um exemplo de sucesso da utilização da busca semântica pode ser observado no projeto Edutella, seção 2.2.2 deste trabalho. (NILSSON, 2001)

### 2.1.5.1.Ontologia

Conforme foi citado anteriormente, o conceito de ontologia que será discutido nessa seção, é um componente da web semântica situado na camada de esquema.

A ontologia é um documento ou um arquivo que define formalmente as relações entre os dados, criando assim um entendimento comum e compartilhado de um determinado domínio. Uma das tecnologias mais utilizadas é a DAML+OIL (DAML, 2005). Há alguns editores de ontologia, como por exemplo o Protégé (PROTÉGÉ, 2005) e o Chimaera (CHIMAERA, 2005).

A utilização de ontologias tem obtido bons resultados em estruturar e modelar os conhecimentos de uma maneira formal dentro de um domínio de definições legíveis compartilhado por um grupo. Para um sistema baseado na arquitetura peer-to-peer essa solução é adequada porque os diferentes nós gerenciam suas estruturas de conhecimento enquanto trocam informações. (EHRIG *et al.*, 2003)

Segundo (FARQUHAR *et al.*, 1995), o problema em utilizar ontologias é o tempo que se gasta para criá-las, já que não é simples definir um determinado conhecimento dentro de um domínio de forma que o grupo tenha um entendimento único desse conhecimento.

Em (AGOSTINI *et al.*, 2003) a ontologia é utilizada para definir o domínio da aplicação, unificar e categorizar sinônimos e conhecimentos e possibilitar que o sistema seja multilíngue.

Um exemplo do funcionamento da busca semântica baseado em ontologias seria quando o usuário fizesse busca por um conhecimento que possui a palavra “Acre”. Caso a comunidade fosse sobre geografia, a busca retornaria os conhecimentos que tivessem na



sua descrição algum dado sobre o estado federativo ou até sobre a medida agrária, mas a busca não retornaria nenhum conhecimento sobre o sabor picante acre.

## **2.2 Trabalhos Relacionados**

Esta seção tem como objetivo tecer uma breve análise dos trabalhos relacionados, ressaltando os que mais contribuíram para este trabalho.

Dentro da área de educação à distância há diversas pesquisas sobre a distribuição de conhecimentos utilizando uma rede de computadores. Há também outras pesquisas focadas em implementar nos computadores móveis as funcionalidades de educação à distância, com o objetivo de tornar o aprendizado ubíquo. Como exemplos, podem ser citados os projetos WILD (ROSCHELLE *et al.*, 2002) e Proem (KORTUEM, 2002). Já em (LAUER *et al.*, 2003), é apresentado o ELAN, um projeto de e-learning que utiliza computadores móveis conectados através uma rede *ad hoc*.

Mas há outros projetos que tomamos como ponto de partida para a elaboração do sistema apresentado nessa dissertação. Nas subseções seguintes serão detalhados os seguintes projetos: MILK, Edutella, KnowMobile e K-Trek.

### **2.2.1. MILK**

MILK (*Multimedia Interaction for Learning and Knowing*), apresentado em (AGOSTINI *et al.*, 2003), é um projeto focado na gestão de conhecimento de comunidades virtuais compostas por trabalhadores. Sendo inicialmente desenvolvido para trabalhadores das áreas de consultoria e de desenvolvimento de softwares.

Nesse trabalho foram definidas as principais características de uma comunidade virtual como sendo a participação espontânea dos membros na comunidade, os objetivos

em comum entre os membros, o relacionamento social entre os membros e um domínio de linguagem comum entre os eles.

Também foram feitas diversas entrevistas em uma empresa de consultoria italiana e em uma empresa de desenvolvimento de software alemã com o objetivo de definir os requisitos do sistema. Foram definidos como os requisitos do sistema a análise e distribuição dos conhecimentos independentemente da localização dos membros envolvidos e a documentação dos conhecimentos tácitos dos membros da comunidade.

O desenvolvimento do projeto foi direcionado para ser utilizado por computadores fixos. Mas como a arquitetura apresentada por (AGOSTINI *et al.*, 2003) é multicamada, há a possibilidade dos membros interagirem na comunidade de forma simplificada utilizando um computador móvel. Devido a variedade de modelos de computadores móveis (telefones celulares, PDAs, *smartphones*), foram desenvolvidas funcionalidades específicas direcionadas para os diversos modelos de computadores móveis levando em conta a interface e as restrições de conectividades. (VALLE *et al.*, 2003)

Algumas funcionalidades para o gerenciamento da comunidade foram desenvolvidas, como por exemplo a classificação e recomendação dos conhecimentos pelos usuários e diferentes perfis de usuários para os diversos tipos de membros. A contribuição deste projeto para o trabalho apresentado nessa dissertação é a utilização de ontologia, definindo assim o domínio da aplicação, unificando e categorizando sinônimos e conhecimentos, e possibilitando que futuramente o sistema se torne multilíngue, caso necessário.

## 2.2.2. Edutella

O Edutella, descrito em (NEJDL *et al.*, 2002), é um sistema baseado em uma rede peer-to-peer (seção 2.1.4) que utiliza a tecnologia de web-semântica (seção 2.1.5) com o objetivo de permitir a troca de informação dos *learning objects* (seção 2.1.1.2). Pelo fato do controle do processo de aprendizado ser do aprendiz, o Edutella tem como objetivo suportar uma rede global democrática de informação, sem nenhum objeto centralizador de controle. Essa rede é denominada democrática pelo fato de qualquer pessoa poder se conectar na rede.

O projeto pode ser dividido em duas partes: a primeira é composta pela tecnologia peer-to-peer através do projeto JXTA (desenvolvida pela Sun Microsystems), desenvolvida para prover interoperabilidade, independência de plataforma e ubiquidade. Já a segunda parte é composta por um framework de representação na internet, denominado RDF – *Resource Description Framework*, desenvolvido pelo W3C (W3C, 2005). Uma das vantagens do RDF é permitir que essa descrição seja feita em diversos idiomas.

Há três papéis desempenhados pelos nós na rede Edutella: provedor (do serviço de busca), cliente (que utiliza o serviço) e hub (que gerencia o roteamento de uma consulta na rede). Assim, os serviços disponibilizados pelos nós provedores serão distribuídos pela rede peer-to-peer e utilizados de forma transparente pelos nós clientes.

A duas principais colaborações deste sistema para o trabalho apresentado nessa dissertação são a utilização de um padrão de metadados para descrever o conteúdo dos *learning objects* e a busca semântica por recursos educacionais. (NILSSON, 2001)

### **2.2.3. KnowMobile**

Em 1996, a Universidade de Oslo, Noruega, começou a privilegiar os estudos cooperativos nos diversos cursos oferecidos, visando tornar seus alunos mais responsáveis, independentes e colaborativos. O projeto KnowMobile, iniciado em meados de 2000, coordenado por esta universidade, foi desenvolvido em parceria com grandes empresas como Telenor R&D, Ericsson e Hewlett-Packard.

Os objetivos desse projeto, apresentado em (LUNDBY, 2002), eram compartilhar o conhecimento e tornar o aprendizado distribuído e colaborativo através da internet, utilizando um modelo de computadores móveis, os PDAs. Outro objetivo do projeto foi levar o conhecimento para o campo de trabalho, que no caso era o hospital da faculdade de medicina de Oslo. O projeto foi desenvolvido para auxiliar o aprendizado dos alunos que estavam nos últimos períodos deste curso e obrigatoriamente deveriam fazer um treinamento no hospital. Outros objetivos do projeto eram criar uma comunidade de aprendizado, analisar uma aplicação na área de computação móvel aplicada especificamente na educação, discutir os aspectos pedagógicos, tecnológicos e organizacionais da utilização de computadores móveis na educação. Contudo nenhuma comunidade de aprendizado foi efetivamente criada, pois além dos problemas funcionais do projeto, uma razão relatada pelos próprios estudantes foi a dificuldade de, através da comunidade de aprendizado, decidir uma ação prática uma vez que eles não estavam necessariamente dividindo o mesmo espaço físico no momento. Vale a pena ressaltar que não faziam parte do objetivo do projeto substituir o computador fixo e nem reduzir os custos de um sistema.

Foram selecionados 18 alunos, e estes divididos em três grupos, sendo que cada aluno recebeu um computador móvel. Como foram utilizados apenas computadores do modelo HP Jornada, o problema de heterogeneidade dos computadores móveis foi simplificado.

A idéia inicial era que o sistema fosse utilizado em três ocasiões: quando o aluno estivesse em casa estudando, no trânsito, e no hospital fazendo o seu treinamento prático. No entanto, ao final dos testes do projeto foi observado que o KnowMobile foi efetivamente utilizado apenas no hospital. Quando os alunos não estavam no hospital se dedicando aos estudos, eles não utilizavam o KnowMobile.

Apesar de haver um ambiente de *chat* entre os alunos e seus orientadores para que os alunos pudessem familiarizar-se com o computador móvel e ganharem confiança, muitos alunos tiveram dificuldades em utilizar os PDAs e, segundo os próprios estudantes, essa foi uma das razões da sua sub-utilização.

Haviam duas formas de informação disponibilizadas pelos coordenadores do projeto para serem utilizadas no computador móvel: a armazenada na base de conhecimento e acessada em tempo real quando necessária e a carregada previamente no computador móvel pelo usuário. Este tipo de informação era similar a um *e-book*, desenvolvido pela própria faculdade de medicina, sendo sua utilização bem maior, uma vez que era mais simples e rápida, não havendo problemas de conexão utilizando a rede sem fio e busca na base de conhecimento.

Além das duas formas de informação citadas anteriormente, os estudantes também podiam consultar os livros textos utilizados na faculdade como fonte de conhecimento. Como os alunos já estavam familiarizados com os livros, a consulta no livro texto foi considerada pelos alunos a forma de busca por um conhecimento mais eficiente. Os alunos

observaram que os pacientes sentiam mais confiança neles quando estes consultavam os livros ao invés do PDA, e deve ser ressaltado que a credibilidade do paciente no médico é extremamente importante.

Sobre os limites de recursos do computador, o tamanho reduzido da tela do computador móvel para ler ou até mesmo visualizar uma figura e a capacidade reduzida para armazenar cada vez mais referências foram os problemas mais citados pelos alunos. Além disso, alguns alunos quebraram seus computadores móveis, perdendo todos os dados que lá estavam armazenados e, conseqüentemente, fazendo com que o grupo perdesse a confiança neste tipo de dispositivo.

Como muitos dos alunos selecionados não tinham uma sala própria para guardar seus livros, a utilização do PDA foi bastante útil para que eles pudessem consultar as referências. Além disso, os alunos instalaram outras ferramentas no PDA, como agenda, calendário, facilitando assim a marcação de consultas. No início dos testes muitos alunos se distraíram acessando a internet, e por isso o acesso a internet foi proibido. Mas um grave defeito do KnowMobile foi a falta de um serviço para disponibilizar as informações sobre os pacientes armazenadas no banco de dados do hospital no computador móvel.

Como uma das conclusões feita pelo grupo de estudo é que a tecnologia está pronta para ser utilizada em projetos de aprendizado, mas que a sub-utilização do PDA talvez tenha ocorrido por uma falta de treinamento adequado e pela inexperiência dos voluntários em utilizar esse modelo de computador. Devido aos problemas relacionados com a fragilidade dos computadores móveis ocorridos nesse projeto, deverá ser desenvolvido no sistema proposto uma funcionalidade de backup das informações que serão armazenadas nos computadores móveis.

#### 2.2.4. K-Trek

O projeto K-Trek, detalhado em (BUSETTA *et al.*, 2003), possibilita a seus usuários navegarem entre os conhecimentos distribuídos em uma rede peer-to-peer independente de sua localização. Além de distribuir o conhecimento na rede peer-to-peer, este projeto tem como objetivo aperfeiçoar os conhecimentos dos seus usuários de acordo com a localização utilizando a tecnologia de agentes móveis.

A rede é formada por diversos nós, denominados K-peers. Como não há nenhum tipo de objeto centralizador na sua arquitetura, não há nenhum objeto especializado na coordenação dos K-peers na rede, formando assim uma rede completamente aleatória. Cada K-peer provê os serviços necessários para criação e organização do conhecimento local. Assim, cada K-peer gerencia o seu conhecimento local, mas está apto a consultar conhecimentos armazenados em outros K-peers.

Um cenário proposto para a utilização do projeto seria a utilização em parques nas cidades, no qual seria útil tanto localizar as pessoas como obter mais informações sobre determinadas atrações dos parques. Nas duas funcionalidades citadas anteriormente pode ser observado que a resposta irá depender diretamente da localização do usuário. Em (BOUQUET *et al.*, 2003) são apresentados os resultados satisfatórios dos experimentos com o K-Trek. Nesses testes foram utilizados vários cenários com o objetivo de encontrar a quantidade ideal de usuários sem que a performance do sistema não fosse deteriorada.

As principais contribuições deste projeto para o sistema proposto nesse trabalho são a utilização do conhecimento distribuído em uma rede peer-to-peer e a utilização da arquitetura JXTA para prover as funcionalidades da arquitetura peer-to-peer.

### **3. A proposta**

Este capítulo tem como objetivo descrever a proposta de um sistema de auxílio à construção do conhecimento colaborativamente proposto nesse trabalho. Ele será dividido em três seções, sendo que a primeira descreverá os requisitos e as características da proposta. Depois será apresentada a proposta da arquitetura do sistema, seguida de uma discussão das vantagens e desvantagens da proposta.

#### **3.1 Requisitos da Proposta**

##### **3.1.1. Motivação e Objetivo**

De acordo com (KERIEVSKY, J., 2001), o grupo de estudos é um método de aprendizado bastante eficaz, uma vez que as pessoas do grupo aprendem e ensinam ao mesmo tempo, isto é, aprendem colaborando com o aprendizado dos outros. Conforme foi descrito na seção 2.1.1, em um sistema de educação à distância o aprendiz tem uma maior responsabilidade. No sistema proposto será adotado o mesmo conceito, pois o conhecimento de um determinado aluno poderá auxiliar o aprendizado de um outro aluno.

Mas o método de grupo de estudos apresenta dois problemas: encontrar um horário em que todas as pessoas estejam disponíveis e encontrar um local em que não tenha um custo de deslocamento elevado para os participantes do grupo de estudos. A motivação desse trabalho foi justamente desenvolver um sistema que, em tese, minimizaria esses dois problemas, e conseqüentemente, aproveitaria da melhor forma possível o tempo que o aprendiz dedica aos seus estudos.

Para solucionar os problemas relacionados com a dificuldade de encontrar um horário e local em que todos os aprendizes estivessem disponíveis, a solução proposta seria



desenvolver um sistema ubíquo, isto é, um sistema em que os usuários pudessem utilizá-lo a qualquer momento e em qualquer lugar para participar do grupo de estudo virtual.

Assim, a proposta desse trabalho é apresentar um sistema móvel de apoio a construção do conhecimento pessoal colaborativamente através da troca de conhecimentos dos membros de uma comunidade de aprendizado. Apesar dos limites de recursos dos computadores móveis (seção 2.1.3), a opção por esse modelo de computador tem como objetivo tornar o sistema proposto ubíquo. O sistema proposto utilizará a tecnologia peer-to-peer visando minimizar os problemas relacionados com os limites de recursos dos computadores móveis.

### **3.1.2. Cenário Geral**

Esta seção tem como objetivo definir o cenário do sistema proposto. Como o número de pessoas que possuem um computador móvel está aumentando a cada dia, é razoável supor que cada vez mais as pessoas utilizarão aplicações instaladas em computadores móveis. Dentre essas aplicações, poderão haver aplicações focadas no gerenciamento do conhecimento pessoal, como por exemplo gerenciar, criar e modelar todo o conhecimento pessoal do usuário. Além disso, é razoável supor que o usuário irá participar de diversas comunidades de diversos assuntos.

O sistema proposto será focado no seguinte cenário: uma comunidade composta por alunos de uma turma de graduação e seu professor, sendo que iremos supor que todos deverão ter familiaridade com o computador. No sistema proposto as interações entre os membros da comunidade serão essencial para o aprendizado dos alunos.

Como em uma turma de graduação os objetos, que representam os conhecimentos, a serem transmitidos são conhecimentos clássicos, isto é, já estudados, o sistema proposto

será focado inicialmente na construção do conhecimento pessoal colaborativamente baseado em conhecimentos clássicos. Apesar de não haver nenhuma restrição lógica e tecnológica nesse cenário, não faz parte do objetivo da proposta discutir cenários que utilizariam conhecimentos que ainda estão sendo pesquisados.

Os dados dessa comunidade, isto é, os conhecimentos, não terão um caráter de urgência, logo no modelo proposto não haverá uma política de replicação que garanta que um determinado conhecimento esteja sempre disponível a qualquer momento.

### **3.1.3. Justificando as tecnologias adotadas**

A decisão de utilizar computadores móveis no sistema proposto foi baseada nas suas principais características (mobilidade e portabilidade) e a sua capacidade de armazenar e processar dados. Uma outra característica importante para a escolha deste modelo foi a sua capacidade de se comunicar através de uma rede sem fio, possibilitando assim que qualquer membro interaja com a comunidade a qualquer momento e em qualquer lugar. Devem ser observadas duas limitações atuais: os modelos de computadores móveis devem possuir uma interface Wi-Fi e as redes sem fio atualmente têm uma área de cobertura pequena, impossibilitando o sistema de ser utilizado em uma WWAN (*Wide Wireless Area Network*), restringindo assim a área em que o sistema poderá atualmente ser utilizado. Porém há diversas pesquisas em WPAN (*Wireless Personal Area Network*), buscando fazer com que a WPAN torne uma rede sem fio individual. Devido as limitações da tecnologia atual de rede sem fio, atualmente não é possível que um membro da comunidade de aprendizado interaja de forma ubíqua. (SALODINIS *et al.*, 2001)

Apesar dos limites de recursos dos computadores móveis, detalhados na seção 2.1.3, é possível que um membro da comunidade armazene os objetos que representam os seus

conhecimentos no seu computador móvel, possibilitando assim que seu aprendizado ocorra em qualquer lugar. Logo as comunidades virtuais ubíquas têm como principal vantagem possibilitar aos participantes da comunidade de contribuir ou acessar a comunidade a partir de qualquer local a qualquer momento, isto é, contribuir ou acessar a comunidade de forma ubíqua. Outra vantagem de utilizar computadores móveis em uma comunidade de aprendizado é devido a mobilidade e flexibilidade em viabilizar uma rede sem fio, possibilitando a formação de diversos grupos diferentes em uma sala de aula para realizar as tarefas, por exemplo.

Outra característica dos computadores móveis é que geralmente eles são utilizados apenas por seus proprietários, podendo ser considerado como um computador pessoal de fato, diferentemente dos computadores fixos, que em geral são utilizados por diversos usuários. Dessa forma, quando o computador móvel de um membro estiver conectado na comunidade de aprendizado, todos os outros membros saberão que o determinado membro está conectado a comunidade de aprendizado.

Uma vantagem citada em (THOMAS *et al.*, 1998) é que a utilização dos computadores móveis em uma escola faz com que não seja mais necessária a utilização dos laboratórios, evitando o desperdício de tempo em que a turma se deslocava da sala de aula para o laboratório e vice-versa.

Apesar da tecnologia de agentes móveis estar sendo bastante utilizada (seção 2.1.3), foi decidido por não utilizar essa tecnologia por causa da sobrecarga de dados na rede sem fio decorrente dessa tecnologia. No entanto, deve ser observado que caso o número de membros na comunidade aumente e a conexão com a rede sem fio se torne mais estável no futuro, a possibilidade de utilizar essa tecnologia no sistema proposto deve ser analisada novamente. (JENNINGS *et al.*, 1998)

As vantagens que a tecnologia peer-to-peer traz a uma rede móvel, citadas na seção 2.1.4, foram as principais razões para que essa tecnologia fosse escolhida como um requisito da proposta: i) A escalabilidade proporcionada por essa tecnologia faz com o sistema esteja preparado para um possível aumento na quantidade de membros na comunidade; ii) Como cada participante irá construir o seu conhecimento pessoal, é importante que os conhecimentos e os serviços estejam distribuídos de maneira dispersa nos peers para que estes possam ser consultados e utilizados por todos os membros da comunidade; iii) Como a tecnologia é tolerante à falha e robusta, os efeitos dos problemas relacionados com a instabilidade da rede sem fio e com as desconexões não planejadas serão minimizados. (GONG *et al.*, 2002)

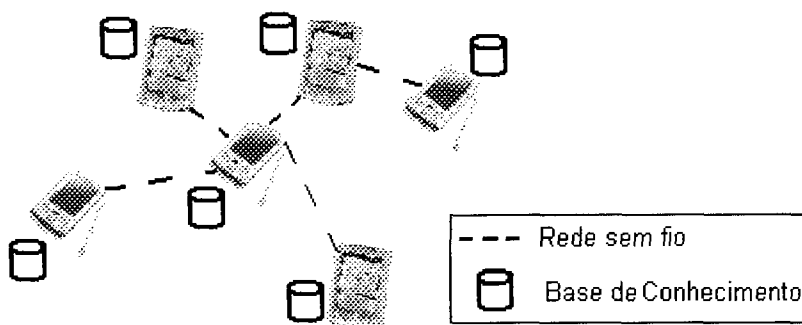
As seguintes vantagens da tecnologia peer-to-peer: espontaneidade, dinamismo e auto-organização da rede, apresentadas na seção 2.1.4, estão relacionadas diretamente com a mudança constante de configuração de um rede sem fio composta por computadores móveis.

Como em comunidade de aprendizado não há a necessidade de se ter um controle das ações dos membros, a autonomia dos peers pode ser considerada como um benefício ao invés de um problema, pois os membros da comunidade terão liberdade para interagir com a comunidade da forma que eles desejarem, contanto que sejam respeitadas as regras da comunidade definidas pelos seus membros.

### **3.1.4. Funcionamento do sistema**

Esta seção tem como objetivo descrever os requisitos, o funcionamento e os detalhes das funcionalidades do sistema proposto nesse trabalho. Nas seções seguintes serão descritas: a arquitetura e as políticas do protótipo do sistema proposto.

O sistema proposto tem o objetivo de suportar a construção colaborativa do conhecimento pessoal dos membros de uma comunidade de aprendizado baseada em computadores móveis. Essa comunidade será composta pelos alunos e pelo professor de uma turma de graduação.



**Figura 2 – Configuração simplificada do sistema proposto**

Conforme foi citado na subseção 3.1.2, a comunidade será composta por alunos e o professor de uma turma de um curso de graduação. Cada membro da comunidade possuirá um computador móvel. Conforme pode ser observado na Figura 2, cada computador móvel possuirá uma base de conhecimento pessoal.

Os membros da comunidade de aprendizado irão construir os seus conhecimentos de duas formas: a partir de suas experiências ou se baseando nos conhecimentos criados por outros membros da comunidade de aprendizado. Para que seja possível consultar os conhecimentos dos membros da comunidade, é necessário que estes armazenem os objetos que representam os seus conhecimentos nos seus computadores móveis.

Conforme foi visto na seção 2.1.1, os papéis dos alunos e do professor mudam na educação à distância. No sistema proposto o aprendiz terá uma maior responsabilidade, pois além de ser responsável pela construção do seu próprio conhecimento, ele será responsável indiretamente pela construção do conhecimento dos outros membros porque pode ocorrer

dos outros membros utilizarem a sua base de conhecimento para construir os seus conhecimentos.

Devido a essa maior responsabilidade, o aprendiz deverá ter um maior cuidado ao registrar o seu conhecimento pois eles poderão ser reutilizados e criticados pelos outros membros da comunidade.

De acordo com as recomendações feitas em (WENGER *et al.*, 2002), o professor, além de colaborar com a comunidade, terá o papel de monitorar as colaborações com o objetivo de manter o foco da comunidade, e ser o orientador de estudos dos aprendizes com o objetivo de transmitir da melhor forma possível o entendimento do seu curso. Para que seja possível esse monitoramento o professor poderá requisitar o acesso as mensagens e aos conhecimentos da comunidade. As regras específicas da comunidade de aprendizado deverão ser estabelecidas pelos alunos e pelo professor em conjunto. Um exemplo desse tipo de regra seria a definição se haverá ou não limites de tamanho da colaboração na comunidade.

Pelo fato do padrão de *Learning Objects* (seção 2.1.1.2) definido pelo IEEE ser muito complexo para ser utilizado em uma comunidade de aprendizado suportado por computadores móveis, será adotada uma estrutura de *Learning Objects* simplificada (Apêndice B).

Abaixo, na Lista 2, estão enumerados os requisitos do sistema proposto. Após essa lista, haverá uma breve discussão sobre como o sistema proposto irá atender os requisitos listados abaixo.

- a. Desenvolvimento colaborativo do conhecimento pessoal de forma dinâmica: criação e edição de novos conhecimentos inseridos por um determinado usuário, e busca por conhecimentos criados e armazenados por outros usuários.
- b. Comunicação ubíqua: possibilitar uma maior colaboração dos membros;
- c. Escalabilidade: permitir a variação do número de participantes, provendo dessa forma autonomia de associação para os participantes da comunidade;
- d. Busca semântica baseada em ontologias pessoais : obter resultados de maior qualidade;
- e. Disponibilizar no mínimo dois tipos de busca: uma varrendo os conhecimentos da comunidade armazenados nos computadores móveis e outra varrendo os conhecimentos já criados na comunidade que estão persistidos em um computador fixo;
- f. Compartilhamento de recursos (conhecimentos, por exemplo) e serviços (busca distribuída, por exemplo): para melhorar a produção de novos conhecimentos;
- g. Garantir a persistência do conhecimento pessoal de cada membro, e conseqüentemente o conhecimento da comunidade;
- h. Garantir a persistência dos dados referentes ao perfil do usuário e suas ações no próprio computador móvel;
- i. Gerenciar as autorias dos conhecimentos: privilegiar os membros mais ativos da comunidade;
- j. Possibilitar a criação tanto dos conhecimentos públicos como dos conhecimentos privados (ver seção 2.1.2);

- k. Robustez: possibilitando que o sistema continue funcionando no caso de algum membro se desconecte ou abandone a comunidade;
- l. Tolerância à falha: possibilitando ao sistema uma recuperação caso ocorra alguma falha que interrompa sua execução.

#### **Lista 2: Requisitos do sistema**

Com o desenvolvimento colaborativo do conhecimento pessoal de forma dinâmica (item a da Lista 2) é possível que o usuário construa o seu conhecimento pessoal colaborativamente e armazene-o no seu computador móvel. Há duas formas disponíveis no sistema para a criação de um conhecimento: o usuário pode criar um conhecimento a partir de seus estudos e experiências ou se basear no resultado de uma busca na comunidade por conhecimentos. Para isso, o sistema deve apresentar um editor de conhecimento e um serviço de busca (ver seção 3.2).

Para atender o requisito de uma comunicação ubíqua, foi decidido utilizar computadores móveis para implementar um sistema ubíquo disponibilizando uma comunicação eficaz entre os membros da comunidade de aprendizado. (item a da Lista 2)

O sistema deve estar preparado para o dinamismo de um ambiente de computação móvel, no qual o usuário se conecta e desconecta frequentemente devido aos limites relacionados com a tecnologia de rede sem fio, como por exemplo a instabilidade de sua conexão e a pequena área de cobertura. Assim sendo, não deve haver nenhuma restrição ao número de membros da comunidade. A autonomia provida pela tecnologia peer-to-peer possibilitará que uma pessoa entre ou saia da comunidade de aprendizado quando ela desejar (item c).



A utilização de uma busca semântica está relacionada com a maior qualidade dos resultados da busca e os limites de tráfego de dados na rede sem fio, pois é importante que seja evitada qualquer troca de dados desnecessária entre os computadores móveis. O outro objetivo da implementação deste tópico é obter uma maior qualidade nos resultados da busca (item d).

A implementação de no mínimo dois tipos de busca (item e) tem como objetivo proporcionar uma busca por objetos que representam os conhecimentos atuais armazenados nos computadores móveis da comunidade de aprendizado e uma busca por conhecimentos antigos ou que não estão disponíveis em nenhum computador móvel conectado na comunidade no momento. Para isso, esse último tipo de busca pesquisará por conhecimentos armazenados em um computador fixo. Pelo fato de estar sendo utilizada a tecnologia peer-to-peer, a comunicação entre computadores móveis e computadores fixos é feita de forma transparente. Para isso, basta que o computador móvel tenha informações sobre o *advertisement* do serviço de busca disponibilizado pelo computador, seja ele móvel ou fixo (seção 2.1.4).

Conforme foi explicado na subseção 2.1.4, a arquitetura peer-to-peer permite o compartilhamento de recursos e serviços. Como os conhecimentos distribuídos na comunidade poderão ser encontrados através da busca semântica e utilizados como base para a criação de um novo conhecimento, a produção de novos conhecimentos na comunidade é facilitada (item f da Lista 2). A política de compartilhamento de recursos e serviços do sistema proposto será descrita na seção seguinte.

Pelo fato da comunidade de aprendizado ser baseada em computadores móveis com capacidade de armazenamento de dados, o requisito de persistência dos objetos que representam o conhecimento pessoal (item g) é atendido. Deve ser observado que uma vez

que os conhecimentos dos membros da comunidade são armazenados de forma segura, o conhecimento de toda a comunidade também é armazenado de forma segura.

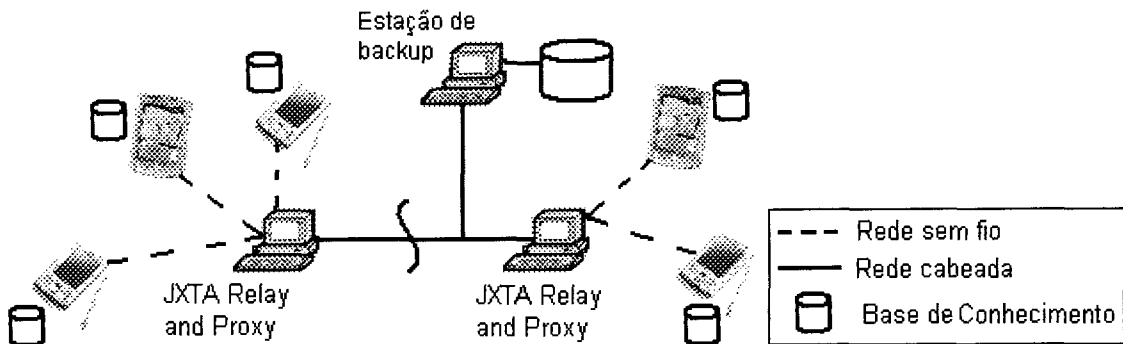
Segundo (WENGER *et al.*, 2002), um dos princípios básicos para que uma comunidade tenha sucesso é a possibilidade de um membro consultar as informações e as ações dos outros membros. Assim, quando o usuário se conectar na comunidade, o sistema deverá disponibilizar as suas informações e suas ações armazenadas no seu computador móvel (item h).

O requisito de gerência das autorias do conhecimento tem como objetivo incentivar a produção de conhecimentos na comunidade. Para isso, a arquitetura proposta irá privilegiar as buscas dos membros com um maior número de autorias de conhecimentos. Deve ser observado que quando um objeto que representa um conhecimento for atualizado, todos os membros que possuem um conhecimento referenciado a esse receberão um aviso sobre a atualização (item i).

Conforme foi explicado na seção 2.1.2, para que uma comunidade tenha sucesso é recomendado ter um espaço público no qual todos terão acesso e um espaço privado que somente o seu usuário ou a quem ele autorizar terá acesso. Dessa forma, caso os objetos que representam conhecimentos estejam armazenados no espaço público estes poderão ser copiados livremente, mas já os armazenados no espaço privado poderão até ser encontrados, mas só serão copiados mediante uma autorização do seu autor (item j da Lista 2).

Os requisitos de robustez e tolerância à falha (itens k e k da Lista 2) serão resolvidos também com a utilização da tecnologia peer-to-peer. Como o conhecimento está distribuído pela rede peer-to-peer, caso ocorra uma falha em um nó, o sistema continuará a funcionar normalmente, e caso os objetos que representam os conhecimentos armazenados nesse nó

não tenham sido replicados, esses objetos estarão indisponíveis na comunidade no momento. Não havendo nenhum objeto centralizador em uma arquitetura peer-to-peer, se houver uma falha em algum nó da rede peer-to-peer que interrompa a troca de dados no sistema por um momento, a própria tecnologia peer-to-peer resolve o problema escolhendo uma outra rota de troca de dados na rede.



**Figura 3 – Configuração do sistema proposto**

Pode ser observado na Figura 3 que haverá uma base de conhecimento pessoal em cada computador móvel dos membros da comunidade. Além disso, na configuração do sistema proposto haverá um computador fixo denominado “estação de backup”. O objetivo deste computador fixo é armazenar de forma segura os conhecimentos dos membros da comunidade e armazenar conhecimentos antigos ou que não são mais encontrados nos computadores móveis da comunidade. Além das funcionalidades citadas anteriormente, a estação de backup vai funcionar como um repositório de conhecimentos da comunidade, no qual poderá ser encontrado todos os conhecimentos já produzidos na comunidade. Assim, devido ao limite da capacidade de armazenamento, há a possibilidade dos computadores móveis armazenarem os conhecimentos que não estão sendo mais utilizados na estação de backup.

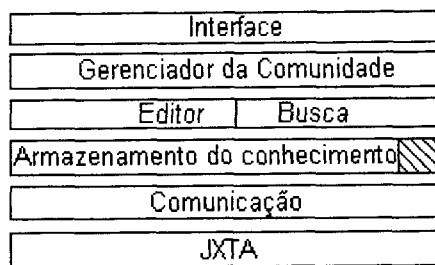
Como os computadores móveis são frágeis, sujeitos a extravio ou à perda (ver seção 2.1.3), haverá no sistema uma rotina de backup entre o computador móvel e a estação de backup. O backup ocorrerá em dois momentos: o primeiro ocorrerá sempre que o computador móvel se conectar a comunidade, garantindo assim que a estação de backup esteja sempre atualizada. O backup também poderá ocorrer em qualquer instante que o usuário desejar, possibilitando por exemplo que ele faça uma cópia de segurança antes de fazer uma desconexão planejada.

Como haverão consultas aos conhecimentos armazenados na estação de backup (ver seção 3.2), o fluxo de dados entre os computadores móveis e a estação de backup será nos dois sentidos. Se por um lado o computador móvel envia dados durante o processo de backup para a estação de backup armazenar, esta pode enviar dados para o computador móvel resultantes de uma consulta submetida a estação de backup.

Deve ser mencionado que a utilização desse computador fixo não é essencial para o funcionamento do sistema proposto, mas seu uso é recomendado porque a sua utilização faz com que o sistema seja tolerante à falha, confiável e mais leve, uma vez que os computadores móveis só armazenarão os conhecimentos realmente necessários.

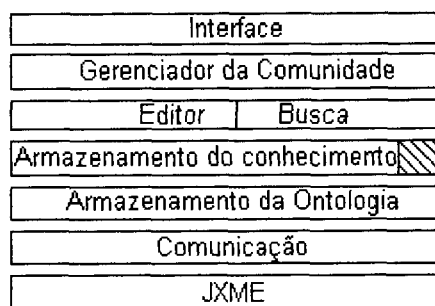
### **3.2 Arquitetura do sistema**

Nessa seção será apresentada a proposta para a arquitetura do sistema, e uma comparação entre o modelo inicial e atual da arquitetura. Além disso, nessa seção será explicado cada módulo da arquitetura que foi utilizado na implementação do protótipo do sistema apresentado nesse trabalho.



**Figura 4 - Modelo da arquitetura**

Na Figura 4 pode ser observado o modelo inicial da arquitetura apresentado em (LEITE *et al.*, 2004). Os módulos apresentados nessa arquitetura pareciam inicialmente atender os requisitos do sistema, enquanto a implementação do protótipo estava no seu início. Mas com a evolução da implementação do protótipo foi necessário fazer algumas alterações na arquitetura, tendo como resultado a arquitetura apresentada na Figura 5.



**Figura 5 – Arquitetura do sistema**

Comparando as duas figuras anteriores observam-se duas diferenças: a inclusão do módulo “Armazenamento da Ontologia” e a substituição do módulo JXTA pelo JXME. A inclusão do módulo para o armazenamento e funcionalidades relacionadas com a ontologia visa facilitar a implementação e deixar o código mais legível, uma vez que o sistema utiliza na busca semântica a ontologia pessoal.

Já a substituição do módulo JXTA pelo módulo JXME ocorreu pelo fato do JXME ser o nome dado ao projeto do JXTA direcionado a computadores móveis. (ARORA *et al.*, 2002)

copiados. Para copiar um objeto que representa um conhecimento privado o usuário deve enviar um requerimento ao autor do conhecimento.

Devido ao limite de capacidade de armazenamento do computador móvel, os usuários poderão liberar a área do computador móvel transferindo os conhecimentos que não estão sendo utilizados para a estação de backup.

A parte hachurada na Figura 5 representa uma área do módulo de armazenamento do conhecimento que será utilizada para armazenar conhecimentos criados por outros membros da comunidade, fazendo assim com que os conhecimentos da comunidade estejam disponíveis em diversos computadores móveis. Essa regra faz com que as pessoas cedam um pouco para que atinjam um grande objetivo.

- Editor

O objetivo desse módulo é possibilitar ao usuário a criação de um novo conhecimento a partir de suas experiências, sendo essa uma das duas formas de criação de um conhecimento.

Utilizando o editor também é possível editar um conhecimento resultante de uma busca e assim criar um novo conhecimento, sendo essa a segunda forma de criação de um novo conhecimento.

Vale a pena ressaltar que este editor não é cooperativo, apenas permite com que conhecimentos compartilhados pelos usuários da comunidade resultantes de uma consulta possam ser editados.

- Busca

O mecanismo de busca do sistema está implementado neste módulo. Como o conhecimento está distribuído pelos computadores móveis da comunidade, a busca também deve ser distribuída e por isso na sua implementação foi utilizada a tecnologia peer-to-peer, mais especificamente o JXME. (JXME, 2005)

A Figura 6 representa a interface da funcionalidade de busca por conhecimentos do protótipo do sistema. O tempo que o usuário irá aguardar pelo resultado é um parâmetro da consulta que pode ser definido pelo usuário do sistema proposto. Assim, se o usuário estiver necessitando de uma resposta rápida, independente da sua qualidade, ele deve utilizar um tempo pequeno. Mas caso o usuário esteja precisando de uma resposta com qualidade, ele pode definir um tempo maior e assim provavelmente receberá um maior número de respostas, podendo selecionar a melhor resposta.

Na Figura 6 também pode ser observado que o protótipo disponibilizará três tipos de busca para o usuário, sendo que todas elas baseadas na ontologia pessoal do usuário que estiver submetendo a busca. É utilizada a busca semântica com o objetivo de obter uma maior qualidade nos resultados das buscas, uma vez que buscar por um recurso educacional (busca pelo conteúdo do elemento) é mais complexo que buscar por um arquivo de música (busca pelo nome da música ou pelo artista) , por exemplo. (NILSSON, 2001)

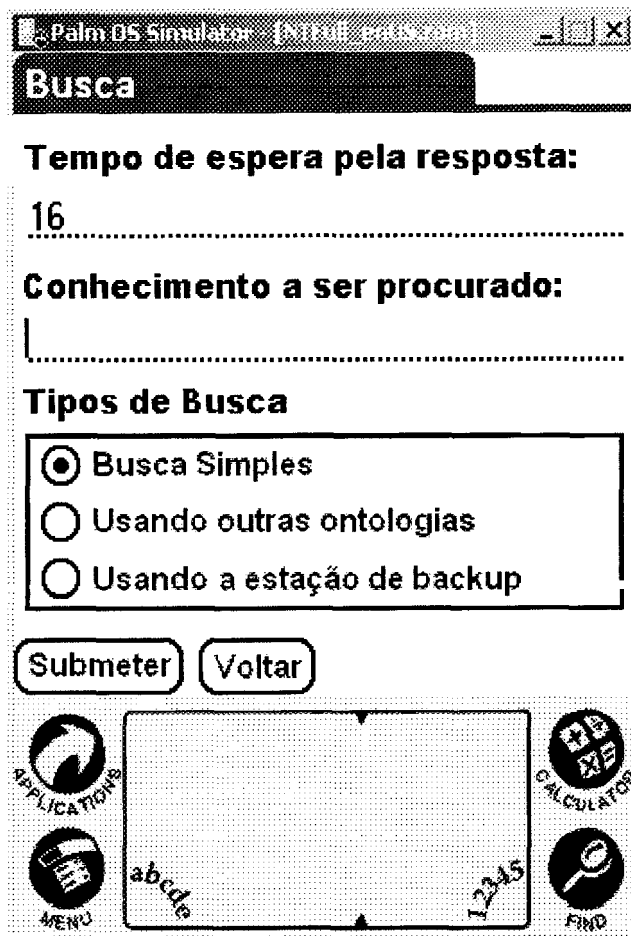


Figura 6 – Interface de consulta de conhecimento do protótipo

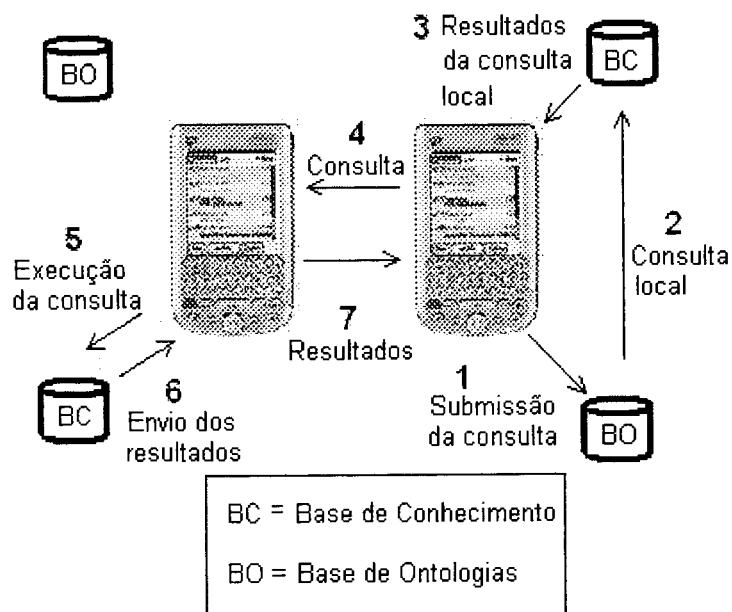
A criação de três tipos de consulta tem o objetivo de oferecer ao usuário uma maior variedade de consultas para que o usuário obtenha os resultados com uma maior qualidade.

Enquanto o primeiro tipo de consultas utiliza apenas a ontologia pessoal do usuário que submete a consulta, o segundo tipo de consulta utiliza também a ontologia pessoal dos usuários envolvidos na consulta. Dessa forma o usuário pode escolher se deseja ou não utilizar a ontologia pessoal dos outros membros da comunidade de aprendizado. O terceiro tipo de consulta utiliza os conhecimentos



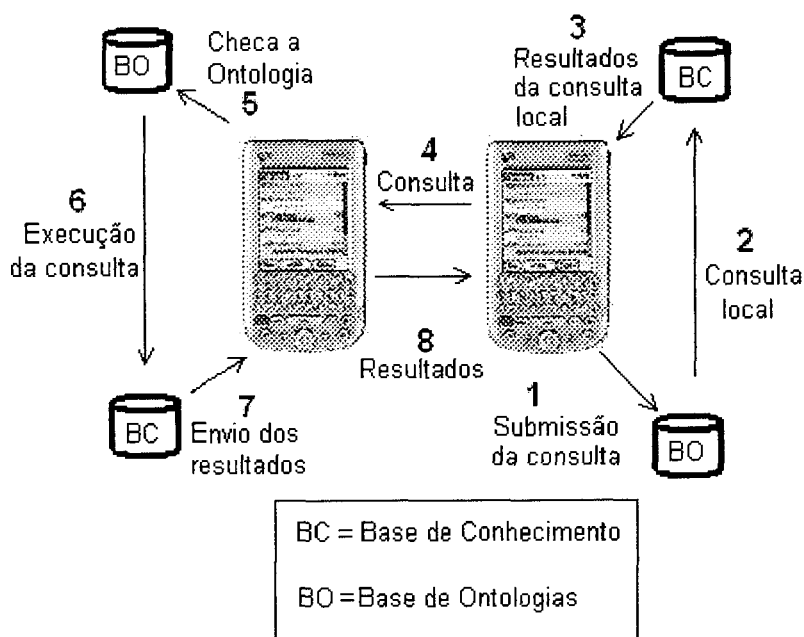
armazenados na estação de backup e foi criado com o objetivo de possibilitar ao usuário do sistema buscar por conhecimentos de membros da comunidade que não estejam conectados ou que abandonaram a comunidade.

Observando a Figura 6, a primeira consulta é a simples (Busca simples), e a sua lógica pode ser observada na Figura 7. Nesse tipo de consulta será utilizada apenas a ontologia pessoal do usuário que submeter a consulta. Essa é a busca mais simples e o sucesso dessa busca depende basicamente da base de ontologias do usuário que está submetendo a consulta.



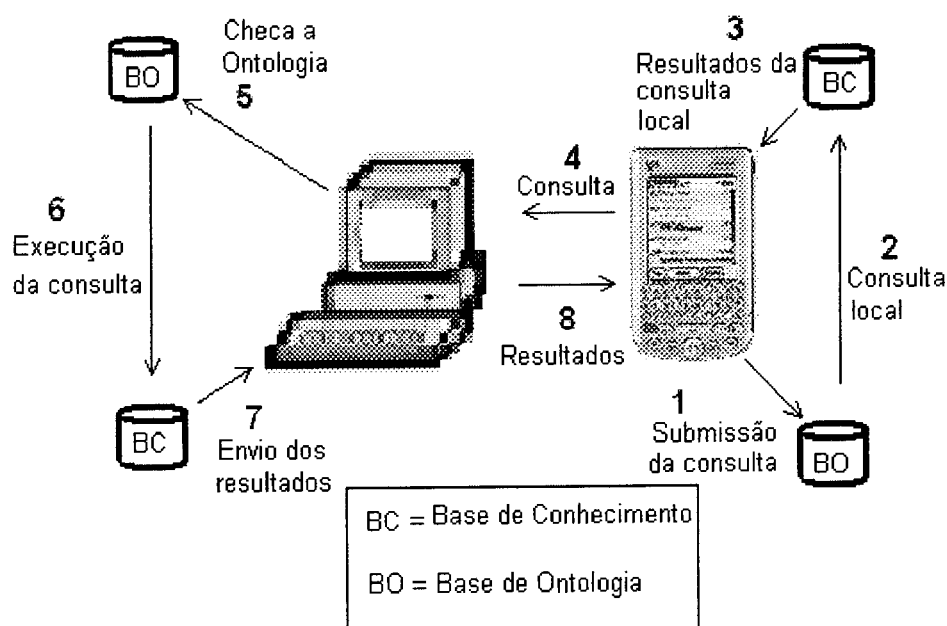
**Figura 7 – Os três tipo de busca : Busca 1**

Já o segundo tipo de consulta utiliza a ontologia pessoal dos outros membros da comunidade (usando outras ontologias), conforme pode ser observada na Figura 8. Quando um usuário submeter a consulta para a comunidade, todos os membros das comunidades irão responder essa consulta, e utilizarão para essa tarefa a sua própria ontologia. Comparando a sua lógica com a lógica da busca citada anteriormente, nota-se que ela possui um passo a mais, o de checar a ontologia (passo 5 na figura abaixo) do membro que estiver respondendo a consulta antes de executar a consulta propriamente dita (passo 6). Os resultados desse tipo de busca dependem tanto da base de ontologias tanto do usuário que está submetendo a consulta como da base de ontologias do usuário que estiver respondendo.



**Figura 8 – Os três tipo de busca : Busca 2**

Finalmente há a consulta que utiliza os dados armazenados na estação de backup (usando a estação de backup), e sua lógica está representada na Figura 9. A diferença entre essa consulta e os dois tipos de consultas citados anteriormente é a utilização dos dados armazenados na estação de backup, isto é, todos os conhecimentos e ontologias criadas na comunidade de aprendizado.



**Figura 9 – Os três tipo de busca : Busca 3**

Independentemente de qual tipo de busca seja escolhido, o usuário receberá como resposta da consulta um conjunto de objetos que representam conhecimentos. Caso exista algum conhecimento nesse grupo que atenda de forma adequada a busca do usuário, ele poderá selecionar este conhecimento. O conhecimento selecionado poderá ser alterado, criando assim um novo conhecimento em que ele será o autor, ou então esse conhecimento poderá ser referenciado mantendo assim o mesmo autor e definição do outro usuário.

Com a implementação dos módulos Busca e Editor, o usuário poderá criar um novo conhecimento de duas formas: baseado nas suas experiências utilizando o editor ou de forma colaborativa baseada nos conhecimentos criados por outros usuários resultantes de uma consulta.

- Gerenciamento da comunidade

Neste módulo estão implementadas as funcionalidades para gerenciar a comunidade visando o seu sucesso. Todas as suas funcionalidades estão relacionadas com os participantes da comunidade, como por exemplo autorização para a cópia de um objeto que representa um conhecimento ou o perfil do usuário.

Cada membro armazenará o número de conhecimentos criados por ele, assim quando o usuário submeter uma consulta, esse número será anexado à consulta, possibilitando aos outros peers decidirem qual consulta será respondida primeira, privilegiando sempre os membros mais ativos da comunidade.

A rotina de backup também está implementada nesse módulo, tomando assim a comunidade mais confiável. Além disso, alguns princípios básicos para o sucesso da comunidade citados na seção 2.1.2, como por exemplo as regras da comunidade, estão implementados nesse módulo também.

- Interface

Uma interface gráfica leve, isto é, uma interface que seja rapidamente carregada no computador móvel, desenvolvida utilizando J2ME (J2ME, 2005).

Após a definição da arquitetura do sistema é necessário definir as políticas que o sistema adotará. Em relação a fragmentação dos dados, há fragmentação horizontal porque

os conhecimentos serão representados na forma de uma árvore, podendo um conhecimento estar armazenado em um nó e seu conhecimento-pai estar armazenado em um outro nó. (ELMASRI *et al.*, 2000)

Sobre a atualização dos conhecimentos, apenas o autor de um determinado conhecimento poderá atualizá-lo e caso exista algum usuário que tenha um ou mais conhecimentos fazendo referencia ao conhecimento atualizado, este receberá um aviso sobre a atualização.

A replicação dos conhecimentos ocorrerá de duas maneiras: a primeira espontânea quando um membro da comunidade copia um determinado objeto que representa um conhecimento para o seu computador com objetivo de construir seu próprio conhecimento pessoal, e conseqüentemente replicando o conhecimento copiado. Já a segunda forma será a cópia realizada pela aplicação na área reservada de cada computador móvel pelo sistema, a área hachurada na Figura 5. Nessa área seriam replicados os seguintes objetos que representam os conhecimentos: os mais requisitados, dando prioridades aos conhecimentos pais; e os conhecimentos recentes que teriam poucas cópias, assegurando assim com que todos os conhecimentos tivessem um número mínimo de cópias.

Finalmente sobre a política de compartilhamento, além da obrigatoriedade de compartilhar o espaço citado anteriormente, que servirá para o membro armazenar conhecimentos que não estejam sendo utilizados por ele, cada membro poderá compartilhar os conhecimentos armazenados por ele, uma vez que ele decida que os conhecimentos sejam públicos.

### **3.3 Vantagens e Desvantagens**

Nesta seção será feita uma análise do projeto proposto destacando as principais vantagens e desvantagens do sistema proposto e como as tecnologias escolhidas contribuíram para os resultados dessa análise.

Além das vantagens descritas na seção 3.1.3, por causa da utilização da tecnologia peer-to-peer, o sistema pode se comunicar com qualquer sistema (independentemente se o sistema é composto por computadores fixos, móveis ou ambos) que utilize essa mesma tecnologia, contanto que os protocolos de comunicação entre os sistemas sejam previamente acertados. Um exemplo da interação entre sistemas peer-to-peer seria a troca de ontologias entre o sistema proposto e o COE, um editor colaborativo de ontologias baseado em um *framework* apresentado em (VIVACQUA *et al.*, 2004). Para isso, será necessário ser implementado no sistema uma funcionalidade que possibilite a troca de ontologias com outros sistemas.

A principal desvantagem do sistema é a fragilidade dos computadores móveis. Para tentar minimizar esse problema foi utilizado um computador fixo denominado “estação de backup”, tornando o sistema mais confiável pelo fato deste computador armazenar de forma segura todos os conhecimentos produzidos na comunidade. Outra desvantagem do sistema proposto é a utilização da tecnologia de rede sem fio porque esse tipo de rede é instável e tem uma taxa de transmissão baixa se comparada com uma rede cabeada.

Se for feita uma comparação entre o sistema proposto e os projetos apresentados na seção 2.2 as principais diferenças são: a possibilidade do aprendizado ubíquo, a mobilidade do usuário, a descentralização dos conhecimentos, a confiabilidade e a ausência tanto de um objeto centralizador de dados como de um objeto controlador.

Uma outra vantagem de utilizar uma comunidade virtual de aprendizado, independente se esta for baseada em computadores móveis ou não, é a quantidade de membros da comunidade. Isso porque é possível existir uma comunidade com um número bem maior de membros do que um grupo de estudos tradicional, uma vez que com o auxílio dos computadores a tarefa de gerenciar a comunidade de aprendizado se torna mais simples.

Caso existisse uma comunidade de aprendizado composta por um grande número de usuários utilizando o sistema proposto, além de uma provável sobrecarga de tráfego de dados na rede sem fio, haveria uma maior variedade de conhecimentos distribuídos na comunidade e possivelmente haveria um consumo maior de energia dos computadores móveis por causa do processamento das diversas consultas que provavelmente haveria nesse tipo de comunidade.

## 4. Implementação do Protótipo

Nessa seção será detalhada a implementação de um protótipo do sistema proposto. Serão detalhadas as fases do processo de implementação, as linguagens e tecnologias utilizadas, os problemas durante a implementação e os testes realizados com o protótipo.

Para validar o modelo proposto foi decidido implementar um protótipo em um simulador de um computador móvel. A decisão de implementar um protótipo em um simulador foi baseada no baixo custo da utilização do simulador. Se os testes realizados com os simuladores obtiverem sucesso, seria adequado que o protótipo fosse testado utilizando computadores móveis conectados por uma rede sem fio.

Apesar da grande variedade de computadores móveis existentes, o desenvolvimento do sistema foi focado para que este funcionasse em um PDA. Esse tipo de dispositivo foi escolhido pelo fato de ter mais poder computacional que um simples telefone celular (o dispositivo móvel mais popular) e ao mesmo tempo ser mais portátil e barato que um notebook, possibilitando que os membros da comunidade possam levá-lo a qualquer lugar sem que seja necessário fazer qualquer esforço para isso.

Como todos os computadores móveis que utilizarão o sistema deverão possuir uma interface com a rede sem fio para poder estabelecer uma comunicação com o objetivo de trocar conhecimentos, foi escolhida a tecnologia Wi-Fi por ser uma tecnologia sem fio bastante difundida. Assim, foi escolhido o simulador do Tungsten C Palm OS 5.2, pois esse simulador é fornecido no site do próprio fabricante (PALM, 2005) e o Tungsten C possui interface sem fio Wi-Fi. Vale a pena ressaltar que na implementação do protótipo foram utilizados apenas linguagens e bibliotecas com código aberto e livre.



O objetivo de criar um protótipo do modelo proposto é avaliar o funcionamento e o desempenho do modelo, podendo assim esclarecer dúvidas como por exemplo qual seria a capacidade de armazenamento de conhecimentos em um computador móvel. Além disso, utilizando um protótipo implementado e um simulador será possível identificar problemas, caso existam, e verificar se esses problemas persistiriam se fossem utilizados computadores móveis e uma rede sem fio.

Para implementar o sistema foi utilizada a linguagem J2ME - Java MicroEdition (J2ME, 2005), uma linguagem da família Java direcionada para os computadores com limites de recursos (memória e processamento). Uma característica dessa linguagem é a interoperabilidade das suas aplicações, resolvendo assim o problema de heterogeneidade dos sistemas operacionais e dos modelos de computadores móveis, pois essa linguagem de programação pode ser utilizada tanto em telefones celulares como em notebooks.

Como o sistema é baseado somente em computadores móveis, a interface desenvolvida deve ser simples e leve, isto é, como essa interface será utilizada no protótipo deve ser fácil de ser utilizada e rápida de ser carregada no simulador. Conforme foi citado antes, apesar do protótipo ser focado nos PDAs, as aplicações desenvolvidas em J2ME também funcionam nos diversos modelos de computadores móveis, como por exemplo em telefones celulares. O único pré-requisito é a instalação no computador móvel da máquina virtual Java própria para este tipo de dispositivo (conhecida como KVM, um acrônimo de *Kilo Virtual Machine*). No protótipo foi utilizada a “J9 Virtual Machine” desenvolvida pela IBM (PALMONE, 2005). Para que essa máquina virtual Java possa ser executada em um computador móvel é necessário que este disponha de 440 K de memória RAM (*Random Access Memory*).

Já para implementar a tecnologia peer-to-peer foi utilizada a tecnologia JXME (JXME, 2005), uma solução do projeto JXTA 2.0 da Sun Microsystems (JXTA, 2005) desenvolvida para os computadores móveis. Seguindo os conceitos do projeto JXTA, a tecnologia da solução JXME tem transparência de hardware e transparência de rede.

Segundo os criadores do JXME, como os computadores móveis têm recursos limitados, estes não devem oferecer nem executar serviços, tornando assim esses dispositivos apenas clientes em uma rede peer-to-peer. Assim, para que um computador móvel esteja integrado em uma rede peer-to-peer é necessário que ele esteja conectado a um computador fixo denominado “JXTA Relay and Proxy”, e este por sua vez, estará conectado à rede peer-to-peer, conforme pode ser observado na Figura 3. Assim, qualquer informação que um computador móvel deseje pertencente a rede peer-to-peer, ele deverá solicitar essa informação para os outros peers da rede sempre através do “JXTA Relay and Proxy”, independentemente se o peer requisitado for fixo ou móvel. (ARORA *et al.*, 2002)

Pelo fato de ser necessário utilizar um computador fixo em que os computadores móveis da comunidade de aprendizado estarão conectados, o modelo proposto em (LEITE *et al.*, 2004) foi modificado. Inicialmente a comunidade de aprendizado seria formada apenas por computadores móveis conectados através de uma rede sem fio *ad hoc*, mas devido a necessidade em utilizar um computador fixo tornou-se necessário utilizar uma rede sem fio *infra-estruturada*.

Devido a esse requisito do JXME, para implementar o sistema proposto será necessário pelo menos um computador fixo. Este computador fixo pode ser utilizado também para ser a estação de backup, reduzindo assim os requisitos e conseqüentemente os custos do projeto. A estação de backup não é essencial para o funcionamento do sistema, ao

contrário do “JXTA Relay and Proxy”, fundamental para a conexão de dois ou mais computadores móveis que utilizam a tecnologia JXME.

Para a persistência dos dados nos computadores móveis foi utilizado o mecanismo privado *RecordStore* provido pelo J2ME, que possibilita o armazenamento de dados nos computadores móveis de uma forma simples e segura. Esse mecanismo foi desenvolvido pelo J2ME com o objetivo de salvar informações nos computadores móveis, uma vez que estes raramente possuem um disco rígido. Uma restrição relacionada com a segurança é que os dados armazenados em um computador móvel só poderão ser acessados a partir deste computador móvel. (TOPLEY, K., 2002)

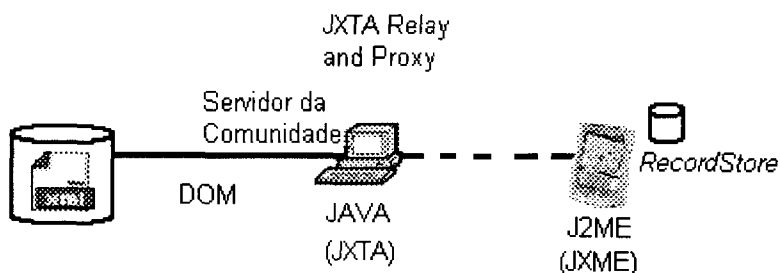
No sistema proposto foram utilizados quatro *RecordStore*: um para o armazenamento dos dados do perfil do usuário, dois para persistir os objetos que representam os conhecimentos pessoais e as ontologias pessoais, e finalmente um *RecordStore* temporário cujo objetivo é armazenar os resultados das buscas por conhecimentos na comunidade.

Além da troca de conhecimento, foi criado o serviço de troca de mensagem, uma funcionalidade simples que possibilita dois usuários trocarem mensagens de texto através do “JXTA Relay and Proxy”. O objetivo deste serviço é possibilitar a comunicação entre dois membros da comunidade. Atualmente essa funcionalidade só envia mensagens para um destinatário, mas no futuro será implementado o envio de mensagem simultâneo para todos os usuários que possuem um determinado perfil.

O processo de backup do sistema foi implementado com o objetivo de tornar o sistema proposto mais confiável, já que os computadores móveis são frágeis, sujeitos a extravio ou à perda. Será através da utilização desse processo que os conhecimentos produzidos na comunidade de aprendizado serão persistidos de forma segura. Para a sua

implementação foi utilizada a linguagem Java (JDK 1.4.1\_03) e as bibliotecas do projeto JXTA versão 2.0. Ao iniciar o programa de backup, ele publica, caso necessário, um *advertisement* oferecendo o serviço de backup para a comunidade. Assim que a conexão entre o computador móvel e o “JXTA Relay and Proxy” é estabelecida, é feita uma busca por este *advertisement*, que será armazenado no computador móvel para ser utilizado quando o processo de backup for iniciado.

Se na parte fixa do sistema o programa ficará aguardando pelo envio dos conhecimentos pelos computadores móveis, na parte móvel do sistema, quando um usuário desejar realizar um backup, ele utilizará a informação do *advertisement* do serviço de backup que foi armazenado logo que ele se conectou com o “JXTA Relay and Proxy”, para enviar os dados para a estação de backup. Assim, quando o programa na parte fixa receber os dados do processo de backup, o programa irá acessar um arquivo XML (XML, 2005) através da interface DOM (DOM, 2005) e verificar se os dados recebidos deverão ser atualizados ou inseridos no arquivo XML. A decisão de utilizar a tecnologia XML ocorreu porque a implementação do acesso a este tipo de arquivo utilizando o DOM, um modelo cujo objetivo é padronizar o acesso a arquivos XML, é simples. Caso o volume de dados aumente, deve ser analisada a utilização de um software gerenciador de banco de dados. A Figura 10 representa as tecnologias envolvidas no processo de backup.



**Figura 10 – Tecnologias utilizadas no processo de backup**

No terceiro tipo de busca implementada no sistema (Figura 9) será utilizado os dados armazenados na estação de backup, conforme foi descrita na seção 3.2. Para processar essa busca também foi utilizada a interface DOM.

Após o término da primeira versão do protótipo foram realizados alguns testes iniciais e um problema ocorrido durante esses testes foi a utilização do *peergroup* NetPeerGroup (ou WorldPeerGroup, *peergroup* padrão de uma rede JXTA. Todos os peers pertencem a esse *peergroup* e deste não podem sair.) ao invés de criar um próprio *peergroup* da comunidade de aprendizado. Com a criação de um *peergroup* as mensagens das pessoas que não pertencem a comunidade de aprendizado não serão recebidas pelos membros da comunidade, reduzindo conseqüentemente o tráfego de dados na rede sem fio. (GONG *et al.*, 2002)

Deve ser observado que ocorreu um pequeno atraso na implementação do protótipo devido a falta de documentação do JXME e do simulador do Tungsten C Palm OS 5.2 fornecido no site do próprio fabricante.

#### **4.1 Testes e Resultados**

Os testes experimentais do sistema proposto foram realizados utilizando simuladores do sistema operacional Palm OS fornecidos pelo próprio fabricante instalados em computadores fixos conectados por uma rede cabeada.

Os testes realizados utilizando o protótipo do sistema proposto tinham como objetivo avaliar os seguintes tópicos:

1. A distribuição do conhecimento na rede peer-to-peer;

2. O funcionamento e performance da funcionalidade de busca semântica baseada na ontologia pessoal do usuário;
3. As duas formas de criação do conhecimento: baseado nos conhecimentos dos outros usuários e baseado na experiência do próprio usuário;
4. A interface de saída;
5. A satisfação do usuário;
6. Como o sistema se comportará caso ocorra uma desconexão não planejada;
7. O funcionamento da funcionalidade de backup dos conhecimentos;

**Lista 3: Tópicos avaliados nos testes**

O assunto escolhido para esse teste foi Gestão de Conhecimento. Para a realização destes testes foram convidados cinco alunos, sendo todos alunos do curso de mestrado na linha de pesquisa de banco de dados, do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foram escolhidos alunos da área de computação para não repetir a falha cometida no projeto KnowMobile (seção 2.2.3), no qual foi concluído que uma das razões da sub-utilização dos PDAs foi a inexperiência dos alunos com esse modelo de computador. Nenhum dos alunos tinham utilizado o protótipo e nem um tipo sistema de construção de conhecimento pessoal de forma colaborativa antes destes testes.

O experimento ocorreu em duas fases, possibilitando assim verificar se o sistema faz com que o conhecimento pessoal do usuário se torne mais organizado e completo. Na primeira fase, os alunos construíram a representação do seu conhecimento sobre gestão de conhecimento sem utilizar o sistema e sem se comunicarem. Na segunda fase do experimento, a tarefa de representar o conhecimento pessoal foi repetida utilizando o

sistema proposto. Além dos cinco alunos, nessa fase foi conectado à comunidade de aprendizado um computador com objetos que representam os conhecimentos previamente armazenados, cujo objetivo era compartilhar esses objetos com os outros membros da comunidade.

Os cinco primeiros itens da Lista 3 foram avaliados levando em consideração dois fatores: um questionário (apêndice A) respondido pelos usuários do sistema e a comparação dos conhecimentos pessoais construídos com e sem utilizar o sistema proposto. Essa comparação foi feita apenas dos conhecimentos da mesma pessoa, visando verificar se o sistema proposto facilita a construção e organização dos conhecimentos.

Como tanto o funcionamento da funcionalidade de backup (item 7 da Lista 3) como o funcionamento do sistema após uma desconexão não planejada (item 6 da Lista 3) são quesitos técnicos, as suas avaliações foram realizadas observando o funcionamento da ferramenta.

Deve ser observado que o protótipo possibilita ao usuário buscar semanticamente por conhecimentos na comunidade de aprendizado, podendo utilizar os conhecimentos resultantes da busca para criar o seu conhecimento pessoal.

Na Tabela 1 podem ser observadas as principais informações fornecidas pelos alunos através do questionário (Apêndice A). Como pode ser observado, os usuários ficaram satisfeitos com a ferramenta, sendo a facilidade em utilizar o sistema a característica da ferramenta que mais agradou os usuários. Uma vez que os testes foram realizados utilizando um protótipo, era esperado que alguns usuários julgassem a ferramenta ineficiente. Mas apesar disso, todos os usuários conseguiram atingir o objetivo de construir os seus conhecimentos pessoais de forma colaborativa utilizando a protótipo implementado.

	Particip. 1	Particip. 2	Particip. 3	Particip. 4	Particip. 5
Satisfação (1 – 5)	4	4	4	5	5
Usabilidade (1 – 5)	4	5	5	4	5
Interface (1 – 5)	5	5	3	4	5
Simple de utilizar?	Sim	Sim	Razoável	Sim	Sim
Eficiente?	Sim	Não	Sim	Razoável	Sim

**Tabela 1 : Dados obtidos no experimento**

A maioria dos usuários relataram que o processo de construção do conhecimento foi facilitado com a utilização da ferramenta, devido a facilidade de organizar os conhecimentos e da funcionalidade de busca semântica oferecida pelo sistema.

Fazendo uma comparação entre os conhecimentos pessoais construídos nas duas fases do experimento, pôde ser observado que a utilização da ferramenta tornou os conhecimentos pessoais dos usuários mais organizados e completos, uma vez que eles puderam buscar por outros conhecimentos distribuídos na comunidade.

Foi questionado para os usuários se seria útil se os conhecimentos disponíveis na comunidade fossem pontuados pelo orientador de estudo (sistema de recomendação). Todos os usuários responderam que essa funcionalidade seria muito útil, uma vez que segundo os próprios usuários, é complicado avaliar a qualidade dos conhecimentos resultantes de uma busca. (RESNICK *et al.*, 1997)

Para avaliar o comportamento do sistema no caso de uma desconexão não planejada, o computador que continha os objetos que representam os conhecimentos previamente armazenados foi desconectado algumas vezes de forma abrupta sem que os outros usuários tivessem sido notificados. Após essas desconexões, o sistema continuou a



funcionar normalmente devido a característica de robustez da tecnologia peer-to-peer. Apenas os objetos que representam conhecimentos armazenados neste computador desconectado ficaram indisponíveis para serem pesquisados pelos outros usuários do sistema.

Sobre a funcionalidade do processo de backup, conforme foi previsto, sempre que um usuário se conectou a estação de backup, os objetos que representam os conhecimentos desse usuário foram copiados para a estação de backup de forma correta. Para validar esse processo, após o término dos testes foi verificado que os conhecimentos armazenados nos computadores móveis estavam armazenados na estação de backup.

Segundo os usuários, além da simplicidade na utilização, as principais vantagens da ferramenta são: a distribuição dos seus conhecimentos na comunidade; a busca semântica por conhecimentos dos outros usuários da comunidade sem que eles sejam importunados; e a necessidade do sistema em fazer com que o usuário defina de forma clara e precisa os seus conhecimentos, uma vez que será por essa definição que os outros usuários encontrarão através da busca semântica o conhecimento criado.

Alguns aspectos negativos foram relatados pelos usuários do sistema. Conforme foi citado anteriormente, a falta de uma pontuação dos conhecimentos (seja pelo orientador de estudos ou até pela quantidade de vezes que o conhecimento é copiado) foi o principal aspecto negativo da ferramenta. Além disso, alguns usuários reclamaram que o sistema não permite que um conhecimento tenha mais um de conhecimento pai, uma vez que um conhecimento pode estar relacionado com vários conhecimentos. (ver Apêndice B)

Todos os usuários do sistema se mostraram interessados na ferramenta, desejando saber quando o protótipo será testado em computadores móveis conectados através de uma rede sem fio. As principais dúvidas dos alunos em relação a esses futuros testes foram:

como seria a performance do sistema no ambiente real e se os usuários do sistema iriam aprender de forma ubíqua.

Além dos resultados apresentados acima, outras conclusões resultantes dos testes são relatadas abaixo, sendo divididas em três tópicos principais: computação móvel, tecnologia peer-to-peer e comunidade de aprendizado.

- Computação móvel

Utilizando o simulador do Palm Tungsten C foi possível avaliar a capacidade de armazenamento do computador móvel. A aplicação instalada no computador móvel ocupa na memória 80K. Já o armazenamento de aproximadamente cinco conhecimentos ocupa apenas 1K. Assim, pode ser concluído que a capacidade de armazenamento do computador móvel é suficiente para suportar o sistema proposto.

O sistema está apto para funcionar em um telefone celular, mas é recomendado que o telefone celular tenha um teclado (como por exemplo o modelo da Nokia 6800). Caso contrário haverá uma certa dificuldade em digitar os dados.

Como não foi utilizado nem computadores móveis e nem uma rede sem fio, não foi possível realizar testes relacionados com o tráfego de conhecimentos na rede sem fio, estabilidade da rede sem fio durante a execução de uma busca por um conhecimento, a entrada de dados utilizando um computador móvel, consumo de energia da aplicação e o próprio aprendizado ubíquo, que só poderia ser testado em uma rede sem fio cuja cobertura fosse de uma grande área.

- Tecnologia peer-to-peer

Conforme foi previsto em (LEITE *et al.*, 2004), a tecnologia peer-to-peer trouxe soluções adequadas e eficientes para as restrições da computação móvel devido aos

limites de recursos. Os dados (nesse caso os conhecimentos) e os serviços do sistema foram distribuídos pela rede peer-to-peer. O aumento do número de usuários nos testes do sistema não alterou a performance do sistema, testando assim a escalabilidade do sistema.

Nos testes realizados com o protótipo, a utilização da tecnologia peer-to-peer em sistemas baseados em computadores móveis funcionou perfeitamente, atendendo os requisitos do sistema apresentados na Lista 2 da seção 3.1.4.

- Comunidade de Aprendizado

No teste foi verificado que a comunidade de aprendizagem foi estabelecida com sucesso através do sistema proposto nesse trabalho. Deve ser ressaltado que a formação da comunidade foi forçada durante o teste. Além do estabelecimento da comunidade foi verificado que os conhecimentos públicos dos membros foram compartilhados com toda a comunidade.

Conforme previsto, os novos conhecimentos foram criados de duas formas: utilizando o editor e se baseando em conhecimentos já existentes na comunidade.

Conforme foi citado antes, como não foram utilizados computadores móveis e uma rede sem fio, não foi possível verificar através dos testes se o aprendizado dentro da comunidade seria realmente ubíquo e, conseqüentemente, se haveria uma maior interação entre os membros.

A tecnologia adotada para implementar o sistema demonstrou ser adequada durante os testes realizados. Vale a pena ressaltar que algumas pessoas que testaram o sistema no simulador reclamaram que de vez em quando o sistema ficava paralisado enquanto processava. Analisando o arquivo de log da simulação, foi verificado que as paralisações

ocorreram por causa do simulador. Para checar essa hipótese, o protótipo foi instalado em um computador móvel e testado de modo desconectado. Durante esse teste não foi observado nenhuma paralisação do protótipo.

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Após os testes realizados com o protótipo do sistema proposto e as pesquisas citadas na seção 2.2, é possível concluir que a computação móvel está pronta para ser utilizada em aplicações colaborativas, sendo a grande vantagem dessa tecnologia a possibilidade de colaborações ubíquas, visando, especificamente no caso do sistema proposto, um melhor aproveitamento do tempo que o aluno dedica aos estudos.

Nessa dissertação foi apresentada uma proposta de um sistema móvel de auxílio à construção colaborativa do conhecimento pessoal dos membros de uma comunidade de aprendizado. Foram detalhados a modelagem da arquitetura, a implementação de um protótipo cujo objetivo foi validar o sistema, e os testes realizados. Se o sistema proposto fosse testado utilizando computadores móveis conectados através de uma rede sem fio, é razoável supor que haveria uma interação ubíqua, isto é, a qualquer hora de qualquer local, entre os membros da comunidade de aprendizado, uma vez que o protótipo funcionou conforme o previsto.

Como o conhecimento pessoal será armazenado nos computadores móveis, o sistema possibilita que o usuário do sistema tenha sempre consigo o seu conhecimento pessoal. Deve ser observado que pelo fato dos computadores móveis serem uma novidade, a sua utilização é um fator motivador para o aprendizado como foi constatado nos testes.

Na literatura existem poucos trabalhos relatados que utilizam peer-to-peer em conjunto com computadores móveis. Isso ocorre porque muitos pesquisadores julgam que os recursos dos computadores móveis ainda são limitados, mas a utilização da tecnologia peer-to-peer trouxe novas soluções para os problemas relacionados com os limites dos computadores móveis.

Os requisitos do sistema (escalabilidade, descentralização dos dados, robustez, tolerância à falha e auto-organização) foram decisivos para que a tecnologia peer-to-peer fosse utilizada no sistema proposto. A interoperabilidade dos computadores móveis proporcionada pela tecnologia peer-to-peer através do projeto JXME foi uma outra contribuição para o sistema proposto. Atualmente, devido as limitações impostas pelo JXME, é essencial que seja utilizado pelo menos um computador fixo para que o sistema proposto funcione corretamente.

Uma outra contribuição apresentada nesse trabalho foi o aumento da confiabilidade do sistema proporcionado pela utilização da estação de backup. Contudo deve ser observado que o sistema funciona normalmente caso a estação de backup não seja utilizada, uma vez que seu objetivo principal é o aumento da confiabilidade do sistema (seção 3.2).

A decisão de utilizar a busca semântica foi baseada nos bons resultados do serviço de busca semântica obtidos pelo projeto Edutella (seção 2.2.2). A utilização dessa funcionalidade baseada na ontologia pessoal obteve bons resultados nos testes, independente de qual dos três tipos de busca foi escolhido. Porém, deve ser observado que a utilização da ontologia pessoal pode ser aperfeiçoada para melhorar a qualidade dos resultados dos serviços de busca.

Durante os testes realizados com um simulador (seção 4.1), foi possível verificar que a construção do conhecimento pessoal dos membros da comunidade foi facilitada. Deve ser ressaltado que os testes foram realizados utilizando um simulador, instalado em computadores fixos conectados através de uma rede cabeada e, por isso, não foi possível realizar testes relacionados com a rede sem fio e a mobilidade do computador móvel.

Não foi utilizada a tecnologia de agentes móveis por causa de uma possível sobrecarga no tráfego da rede sem fio. Caso o número de membros na comunidade aumente

ou a conexão da rede sem fio se torne mais estável e veloz, a utilização dessa tecnologia poderá ser reavaliada.

Para dar continuidade ao projeto o próximo passo será a realização de um teste utilizando computadores móveis conectados em uma rede sem fio, possibilitando assim analisar a performance do sistema no ambiente em que ele foi inicialmente proposto.

O sistema proposto foi focado para auxiliar a construção colaborativa de conhecimentos em uma comunidade de aprendizado, mas com pequenas modificações esse sistema poderá funcionar em outros cenários, como por exemplo suportar um debate em tempo real para produzir novos conhecimentos. Para isso, deverá ser desenvolvido um módulo de *chat*, que poderá ser baseado na funcionalidade de troca de mensagens já desenvolvida no protótipo.

Conforme foi citado na seção 3.1.2, o sistema foi desenvolvido para ser utilizado em uma comunidade de aprendizado de conhecimentos clássicos, isto é, conhecimentos já estabelecidos pela academia. Mas o sistema proposto poderia ser utilizado sem nenhum tipo de restrição em uma comunidade em que os conhecimentos utilizados estão sendo pesquisados.

Em (REZENDE *et al.*, 2005) é apresentado o KCE (*Knowledge Chain Editor*), um editor de cadeias de conhecimentos para ser utilizado em computadores fixos. Nessa mesma referência é definido o conceito de “cadeia de conhecimentos” como sendo uma estrutura formada por uma seqüência de conhecimentos ordenada de acordo com os conhecimentos antecessores e sucessores. Assim, implementando um novo módulo na sua arquitetura, o sistema proposto também poderá ser utilizado para construir cadeias de conhecimentos dos membros da comunidade de aprendizado baseados em computadores

móveis trocando partes das cadeias de conhecimentos dos membros ao invés de trocar apenas unidades de conhecimento, conforme foi proposto em (REZENDE *et al.*, 2005b).

Conforme foi sugerido pelos alunos que participaram dos testes, deve ser desenvolvida uma funcionalidade que possibilite aos usuários do sistema que recomende, a partir de uma pontuação, os melhores conhecimentos da comunidade de aprendizado. Dessa forma, os melhores conhecimentos da comunidade terão a maior pontuação. (RESNICK *et al.*, 1997)

Com o objetivo de avaliar a qualidade do conhecimento dos alunos, deve ser criada uma funcionalidade que faça uma comparação semântica entre os hipergrafos de conhecimentos dos alunos com um hipergrafo padrão definido pelo professor. Em (GAINES *et al.*, 1995) foi definido que o conhecimento pode ser representado como nós ligados por arcos, sendo assim o conhecimento pode ser definido como um hipergrafo.

O próximo passo na implementação do protótipo será a área compartilhada do armazenamento de conhecimentos (a parte hachurada da Figura 5). O objetivo dessa área é armazenar no computador móvel de um membro os conhecimentos criados por outros membros, replicando assim os conhecimentos da comunidade suportada pelo sistema.

Além disso, devem ser criados serviços para o gerenciamento da comunidade. Alguns exemplos desses serviços são: um tutorial para explicar ao usuário como utilizar o sistema, páginas que motivem alunos a se tornarem membros da comunidade de aprendizado, FAQ (*Frequent Asked Question*) sobre os conhecimentos mais pesquisados na comunidade, um processo para solucionar o problema das dúvidas que não foram resolvidas por nenhum membro da comunidade e um questionário personalizado para que a partir das respostas do usuário o seu aprendizado se torne personalizado.



## Referências Bibliográficas

- AGOSTINI, A., ALBOLINO, S., BOSELLI, R. *et al.*, 2003, “Stimulating Knowledge Discovery and Sharing”, In: ACM Conference SIGGROUP on Supporting group work, Sanibel Island, Florida, USA, November 9-12, pp. 248-257.
- ARORA, A., HAYWOOD, C., PABLA, S., 2002, "JXTA for J2ME – Extending the Reach of Wireless with JXTA Technology", Technical Report Sun Microsystems Inc., March 2002. Available at <http://www.jxta.org/project/www/docs/JXTA4J2ME.pdf>, visited on November 24th, 2004.
- BARBARÁ, D., 1999, “Mobile Computing and Databases – A Survey”, IEEE Transactions on knowledge and data engineering, vol. 11, n. 1 (Jan/Feb), pp. 108-117.
- BONIFACIO, A. S., 2002, “Ontologias e Consulta Semântica: Uma Aplicação ao Caso Lattes”, M. Sc. dissertation, Universidade do Rio Grande do Sul, Brasil.
- BONIFACIO, M., BOUQUET, P., MAMELI, G., *et al.*, 2003 “Peer - Mediated Distributed Knowledge Management”, Proceedings of AAAI Spring Symposium on Agent Mediated Knowledge Management (AMKM'03), Stanford University, March.
- BOUQUET, P., BUSETTA, P., ADAMI, G., *et al.*, 2003, “*K-trek: A Peer-to-Peer Infrastructure for Distributing and Using Knowledge in large Environments*”, In: Workshop from Objects to Agents (WOA'03), 10-11 September, Villasimius, Italy.
- BURG, J.J., THOMAS, S.J., 1998, “Computers Across Campus”, Communications of the ACM, vol. 41, n. 1 (Jan), special section, pp.22-25.
- BUSETTA, P., BOUQUET, P., ADAMI, G., *et al.*, 2003, “*K-trek: A Peer-to-Peer Approach to Distribute Knowledge in large Environments*”, In: Proceedings of “2nd

international workshop on agents and peer-to-peer systems (AP2PC 2003)", 14-18 July, vol. 2897, Melbourne, Australia.

- CHIMAERA, 2005, "Chimaera Project" Acessado em <http://www.ksl.stanford.edu/software/chimaera>, acessado em fevereiro/2005
- DAML, 2005, "DAML+OIL Reference Description". Disponível em <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>, acessado em janeiro/2005
- DOM, 2005, "Document Object Model". Disponível em <http://www.w3c.org/DOM/>, acessado em fevereiro/2005.
- DUNEE, C. R., 2001, "Using mobile Agents for Networks Resource Discovery in Peer-to-Peer Networks", ACM SIGecom Exchanges, vol. 2 ,n. 3, Summer, pp.1 - 9.
- EHRIG, M., TEMPICH, C., BROEKSTRA, J., et al., 2003, "SWAP: Ontology-based Knowledge Management with Peer-to-Peer Technology", WOW2003, Lucern, Switzerland.
- ELMASRI, R., NAVATHE, S. B., 2000, *Fundamentals of database systems*, 3<sup>a</sup>. ed, Addison-Wesley.
- FARQUHAR, A., FIKES, R., PRATT, W., et al., 1995, "Collaborative Ontology Construction for Information Integration" - Knowledge Systems Lab. Dep. of Comp. Science, KSL-95-63, august.
- FERREIRA, T. B., OTSUKA, J. L., ROCHA, H. V. DA, 2003, "Interface para auxílio à avaliação formativa no ambiente Teleduc", Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Rio de Janeiro, Brasil, novembro.
- FUKS, H., GEROSA, M.A., LUCENA, C.J.P., 2002 "The Development and Application of Distance Learning on the Internet", *The Journal of Open and Distance Learning*, vol. 17, n. 1, February.

- GAINES, B., SHAW, M, 1995, "Collaboration through Concept Maps". Disponível em <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/articles/CSCL95CM>, acessado em fevereiro/2005.
- GONG, L., OAKS, S., TRAVERSAT, B., "JXTA in a Nutshell – A Desktop Quick reference", 1st ed., printed in USA, O'Reilly Press, 2002.
- HENTEA, M., SHEA, M. J., PENNINGTON, L., 2003, "A Perspective on Fulfilling the Expectations of Distance Education". *Conference on Information Technology Curriculum (CITC4'03)*, Lafayette, Indiana, USA, 16-18 October.
- HOLLIDAY, J, AGRAWAL, D., ADDADI, A. E., 2000, "Planned Disconnections for Mobile Databases". In the proceedings of the 11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'00), Greenwich, London, United Kingdom, September 06 – 08.
- J2ME, 2005, "Java 2 Platform, Micro Edition (J2ME)". Disponível em <http://java.sun.com/j2me>, acessado em janeiro 2005.
- JENNINGS, N. R., WOOLDRIDGE, M. J., "Agent Technology - Foundations, Applications and Markets - Applications of Intelligent Agents", 1998.
- JXME, 2005, "Project JXME". Disponível em <http://jxme.jxta.org>, acessado em fevereiro/2005
- JXTA, 2005, "The Project JXTA". Disponível em <http://www.jxta.org>, acessado em janeiro/2005.
- KERIEVSKY, J., 2001, "Continuous Learning", In: Proceedings of the 2nd International Conference on eXtreme Programming and Flexible Processes in Software Engineering, Cagliari, Italy.
- KOLLOCK, P., 1997, "Design Principles for Online Communities", In: *The Internet and Society*, Havard Conference Proceedings, Cambridge, O'Reilly & Associates.

- KORTUEM, G., 2002, "Proem: a middleware platform for mobile peer-to-peer computing", In: ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communication Review, vol. 6, n. 4, pp. 62-64.
- LAUER, M., MATTHES, M., 2003, "ELAN – An E-Learning infrastructure for Ad Hoc networks" In: ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Volume 7, Issue 1, January, pp. 53-55.
- LEEDER, D., MCLACHLAN, J. C., RODRIGUES, V, et al., 2004, "Universities' Collaboration in eLearning (UCeL): a virtual community of practice in health professional education" , Presented at IADIS Web-based communities 2004, pp. 386–393 , 24-26 March 2004, Lisbon, Portugal.
- LEITE, F. G., RAMIREZ, M. R, DE SOUZA, J. M., 2004, "Learning Communities Support by Mobile Systems based on Peer-to-Peer Networks", in the Proceedings of the Intelligent Networked and Mobile Systems, WISE 2004, November, Australia.
- LI, L., SHI, H., SHANG, Y., et al., 2003, "Open Learning Objects For Data Structure", Journal of Computing Sciences in Colleges, vol. 18, issue 4, pp. 56 – 64, April.
- LIEBOWITZ, J., 2002, "Building Organizational Intelligence: A Knowledge Management Primer", CRC Press.
- LINDROOS, J., 2003, "Peer-to-Peer Content Distribution", M. Sc. dissertation, University of Åbo Akademi, Turkey.
- LOM, 2002, "Draft Standard for Learning Object Metadata", IEEE Learning Technology Standards Committee, 15<sup>th</sup> July.
- LUNDBY, K., 2002, "*KnowMobile: Knowledge access for distributed training. Mobile opportunities for medical students.*", Report 5, University of Oslo.

- MATEUS, G. R., LOUREIRO, A. A. L., 1998, "Introdução à Computação Móvel", 11ª. escola de computação COPPE/Sistemas, NCE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- MORESI, E. A. D., "Gestão da informação e do conhecimento". In: *Inteligência Organizacional e Competitiva*, Ed. Universidade de Brasília, pp. 111-142, 2001.
- NEJDL, W., WOLF, B., QU, C., et al., 2002, "Edutella: A P2P Networking Infrastructure Based on RDF", In: WWW2002, May 7-11, Honolulu, Hawaii, USA.
- NILSSON, M., 2001, "The Edutella P2P Network – Supporting Democratic E-Learning and Communities of Practise".
- OKADA, M., TARUMI, H., YOSHIMURA, T., 2001, "Collaborative environmental education using distributed virtual environment accessible from real and virtual worlds", In: *ACM SIGAPP Applied Computing Review*, vol. 9, n. 1, pp. 15-21.
- ÖZSU, M. T., VALDURIEZ, P., 2001, "Princípios de sistemas de banco de dados distribuídos", 2ª. ed (trad.), Rio de Janeiro, Ed. Campus.
- PALM, 2005, "Palm Software and Palm OS: Developer Tools". Disponível em <http://www.palmsource.com>, acessado em fevereiro 2005.
- PALMONE, 2005, "PalmOne Java Solutions with WebSphere". Disponível em [www-128.ibm.com/developerworks/websphere/partners/palmone/palmone.html](http://www-128.ibm.com/developerworks/websphere/partners/palmone/palmone.html), acessado em fevereiro/2005
- PAWLOWSKI, S., ROBEY, D., RAVEN, A., 2000, "Supporting shared information systems: boundary objects, communities, and brokering", In: *21st International Conference on Information Systems*, pp. 329-338, Brisbane, Queensland, Australia.
- PROTEGE, 2005, "Protégé Project". Disponível em <http://protege.stanford.edu>, acessado em janeiro/2005

- REZENDE, J. L., DA SILVA, R. L. S., DE SOUZA, J. M., et al., 2005, "Building Personal Knowledge Through Exchanging Knowledge Chains", Presented at IADIS Applied Computing 2005, 22-25 February 2005, Algarve, Portugal.
- REZENDE, J. L., LEITE, F. G., DA SILVA, R. L. S., et al., 2005, "Mobile System to Support Learning Communities Through the Exchange of Knowledge Chains", will be presented at IADIS Mobile Learning 2005, 28-30 June 2005, Qawra, Malta.
- RESNICK, P., VARIAN, H. R., 1997, "Recommender Systems", *Communications of the ACM*, vol. 40, n. 3 (Mar), pp. 56-58.
- ROSCHELLE, J., PEA, R., 2002, "A walk on the WILD side: How wireless handhelds may change computer-supported collaborative learning". International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL-02), Boulder, Colorado, USA, 7-11 January.
- SALODINIS, T., BHAGWAT, P., TASSIULAS, L., et al, 2001, "Distributed Topology Construction of Bluetooth Personal Area Networks", Proceedings of IEEE INFOCOM 2001, Anchorage, Alaska, USA..
- SATYANARAYANAN, M., 1996, "Fundamental Challenges in Mobile Computing", PODC'96, Philadelphia PA, USA.
- SCHULZ, S., HERRMANN, K., KALCKLÖSCH, R., SCHWOTZER, T., 2003, "Towards Trust-based Knowledge Management for Mobile Communities", AAAI Spring Symposium, USA.
- SHNEIDERMAN, B., ALAVI, M., NORMAN, E., et al., 1995, "Windows of Opportunity in Electronic Classrooms", *Communications of the ACM*, vol. 38, n. 11 (Nov), pp. 19-24.

- STOICA, I., MORRIS, R., KARGER, D., et al., 2001 “Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications”, In: Proceedings of SIGCOMM 2001, pp. 149-160, August 27-31, 2001, San Diego, California, USA.
- TATAR, D., ROSCHELLE, J., VAHEY, P., et al., 2003, “Handhelds Go to School: Lessons Learned”, *IEEE Computer*, vol. 36, n. 9 (Sep), pp. 30-37.
- THOMAS, S. J., NISHIDA, T., LAXER, C., et al., 1998, “The Impact of Campus-wide Portable Computing on Computer Science Education”, In: ITiCSE’98 Working Group on Campus-wide Portable Computing, Dublin, Ireland, pp. 35-40.
- TIWANA, A., 2003, “Affinity to Infinity in Peer-to-Peer Knowledge Platforms”, *Communications of the ACM*, vol. 46, n. 5 (May), pp.: 76 – 80.
- TOPLEY, K., 2002, “J2ME in a Nutshell – A Desktop Quick reference”, O’Reilly Press, 1st ed., printed in USA.
- VALLE, C., HINRICHS, E., KLEIN, K. H., et al., 2003, “MILK Mobile Support for Knowledge Management”, CAiSE Short Paper Proceedings 2003.
- VIVACQUA, A., XEXÉO, G., DE SOUZA J., et al., 2004, “Peer-to-peer Collaborative Editing of Ontologies”, CSCWD 2004, May, Xiamen, China.
- W3C, 2005, “World Wide Web Consortium”. Disponível em <http://www.w3c.org>, acessado em janeiro/2005.
- WENGER, E., 1991, “Communities of Practice: where learning takes place”, *BenchMark Magazine*, Fall Issue.
- WENGER, E., 1998, “Communities of Practice: learning as a social system”, *The System Thinker*, vol. 9, n. 5

WENGER, E., MCDERMOTT, R., SNYDER, W., 2002, “Cultivating communities of Practice: A guide to Managing Knowledge”, Harvard Business School Press, March.

XML, 2005, “Extensible Markup Language (XML)”. Disponível em <http://www.w3c.org/XML/>, acessado em fevereiro/2005.



# Apêndice A – Questionário de Avaliação do Protótipo

## Dados Demográficos

- 1) Nome:
- 2) Ano de nascimento:
- 3) Sexo: ( ) masculino ( ) feminino
- 4) E-mail:

## Formação Pessoal

- 5) Nível do curso atual: ( ) Graduação ( ) Mestrado ( ) Doutorado
- 6) Área de especialização:

## Experiência Profissional

- 7) Instituição em que exerce função:
- 8) Cite suas principais atividades:
- 9) Você já trabalhou com “Construção colaborativo de conhecimento pessoal”?  
( ) sim ( ) não
- 10) Se sim, indique as ferramentas que utilizou para representá-las:
- 11) Descreva sucintamente o domínio de aplicação de um dos sistemas utilizados:

## Questões sobre Usabilidade do protótipo

- 12) Estou satisfeito com a utilização do protótipo como um todo?  
( ) sim ( ) não ( ) razoável ( ) não se aplica

13) A utilização do protótipo é simples e possui uma linguagem natural?

sim  não  razoável  não se aplica

14) Eu sou capaz de realizar o meu trabalho rapidamente utilizando este protótipo?

sim  não  razoável  não se aplica

15) Eu sou capaz de realizar meu trabalho com eficiência utilizando este protótipo?

sim  não  razoável  não se aplica

16) Preciso memorizar muitos passos para utilizar o protótipo?

sim  não  razoável  não se aplica

17) Foi fácil aprender a utilizar este protótipo?

sim  não  razoável  não se aplica

18) O protótipo fornece mensagens de erros que me informam claramente como resolver os problemas?

sim  não  razoável  não se aplica

19) Ao cometer um erro, consigo voltar na realização da tarefa?

sim  não  razoável  não se aplica

20) O protótipo possui prevenção aos erros?

sim  não  razoável  não se aplica

21) Consigo sair com facilidade do protótipo?

sim  não  razoável  não se aplica

22) O protótipo possui todas as funcionalidades por mim esperadas?

sim  não  razoável  não se aplica

23) As informações sobre as tarefas estão disponíveis de forma clara?

sim  não  razoável  não se aplica

24) Os elementos disponíveis na interface estão apresentados de forma clara?

sim  não  razoável  não se aplica

25) A interface do protótipo é amigável?

sim  não  razoável  não se aplica

26) Eu gostei de utilizar a interface do protótipo?

sim  não  razoável  não se aplica

### **Sobre a experiência de utilização do protótipo**

27) Em geral, considero minha experiência satisfatória?

sim  não  razoável  não se aplica

28) Os objetivos da tarefa foram atingidos?

sim  não  razoável  não se aplica

29) Consegui efetivamente realizar minha tarefa?

sim  não  razoável  não se aplica

30) Estou totalmente satisfeito com a tarefa?

sim  não  razoável  não se aplica

### **Questões Importantes**

31) O protótipo é simples de usar ?

sim  não  razoável  não se aplica

32) A utilização do protótipo facilitou a construção do conhecimento?

sim  não  razoável  não se aplica

33) A busca semântica por conhecimentos funcionou ?

sim  não  razoável  não se aplica

34) Foi possível organizar os seus conhecimentos pessoais ?

sim  não  razoável  não se aplica

35) Foi possível construir seu conhecimento pessoal de forma individual e colaborativa?

sim  não  razoável  não se aplica

36) A desconexão não planejada atrapalhou a utilização do protótipo?

sim  não  razoável  não se aplica

37) Seria uma boa idéia se os conhecimentos fossem pontuados pelo professor (sistema de recomendação) ?

sim  não  razoável  não se aplica

38) As principais vantagens do protótipo na opinião dos usuários?

39) Na sua opinião faltou alguma funcionalidade? Qual?

40) Liste os aspectos positivos do protótipo:

41) Liste os aspectos negativos do protótipo:

42) Sentiu falta de algum tipo de informação no protótipo? Quais?

### **Comentários Extras**

43) Você tem algum comentário extra a acrescentar? Seja em relação ao protótipo, ou em relação ao próprio experimento realizado.

44) Avalie de (1 - 5): Satisfação com o protótipo ( )

45) Avalie de (1 - 5): Usabilidade do protótipo ( )

46) Avalie de (1 - 5): Interface de saída do protótipo ( )

## Apêndice B – Modelo de *Learning Object*

A Figura 11 representa o modelo utilizado no protótipo do sistema proposto de *learning object*. O modelo utilizado é simples, uma vez que esse objeto foi desenvolvido com o objetivo de ser utilizado nos testes do protótipo do sistema proposto.

ID	
Título	
Descrição	Pai_ID
Autor	Nível
Referência	Tipo

Figura 11 – Modelo do *Learning Object*

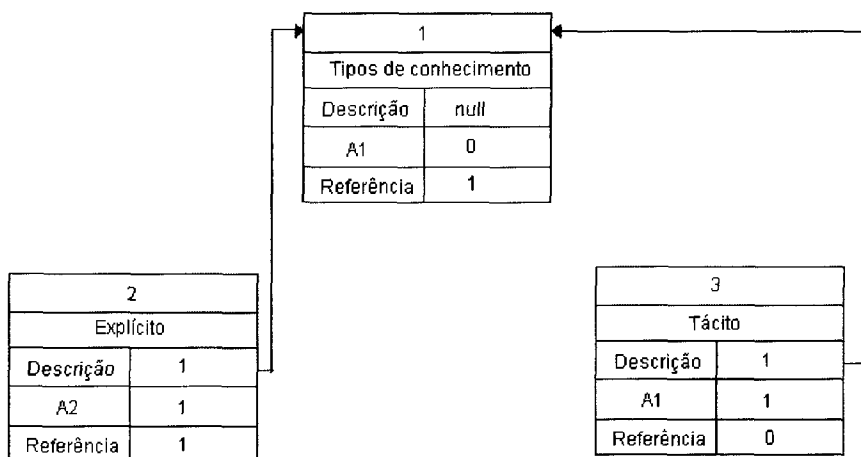
Abaixo há uma descrição dos campos que compõem o modelo de *learning object*.

- ID: campo identificador de cada conhecimento. Esse campo é definido pelo sistema e não é acessado pelo usuário do sistema.
- Título: define o título do conhecimento. Esse campo é utilizado na busca semântica do sistema proposto. Esse campo é obrigatório e é definido pelo autor do conhecimento.
- Descrição: descreve o conteúdo do conhecimento. Esse campo também é utilizado na busca semântica do sistema proposto, é obrigatório e é definido pelo autor do conhecimento.
- Autor: define o autor desse campo. Deve ser ressaltado que apenas o autor do conhecimento poderá alterar o seu conteúdo. Esse campo não é obrigatório e seu valor é definido pelo sistema através do *login* do usuário.
- Referência: define a referência do conhecimento. Esse campo não é obrigatório e seu valor é definido pelo autor do conhecimento.

- **Pai\_ID:** define o pai do conhecimento. Caso o conhecimento não possua um conhecimento pai, este campo deverá ser nulo. Quando o usuário define o conhecimento pai de um determinado conhecimento, o sistema busca o valor do ID desse conhecimento pai e define um valor para esse campo.
- **Nível:** define a altura do conhecimento na árvore de conhecimentos. Esse campo é definido pelo sistema e o usuário do sistema não tem acesso a esse campo. O objetivo desse campo é possibilitar a navegação do usuário através de sua base de conhecimentos.
- **Tipo:** define o tipo do conhecimento (público ou privado).

Na Figura 12 pode ser observado um exemplo do uso do modelo de *learning object* do sistema proposto. Nos conhecimentos abaixo os campos descrição e referências não foram preenchidos corretamente para facilitar o entendimento da figura.

Nesse exemplo há um conhecimento público com altura 0, de autoria de “A1” definido como “Tipos de conhecimento”. Esse conhecimento é pai de outros dois conhecimentos definidos como “Tácito” (público e criado pelo usuário “A2”) e “Explícito” (privado e criado pelo usuário “A1”).



**Figura 12 – Uso do modelo de Learning Object**

## Apêndice C – Telas do protótipo

Nesse apêndice há algumas telas do protótipo em funcionamento durante os testes descritos na seção 4.1.

A Figura 13 representa o tela inicial do sistema proposto sendo executado no simulador do Palm Tungsten C. As principais opções do usuário nessa tela inicial são: acessar a base de conhecimentos, conectar a comunidade, configurar o sistema, enviar uma mensagem e sair do protótipo

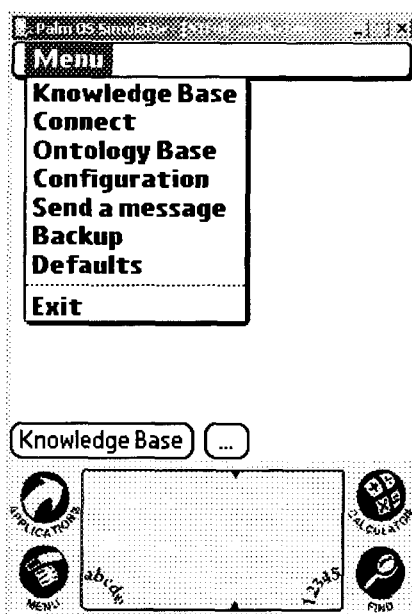
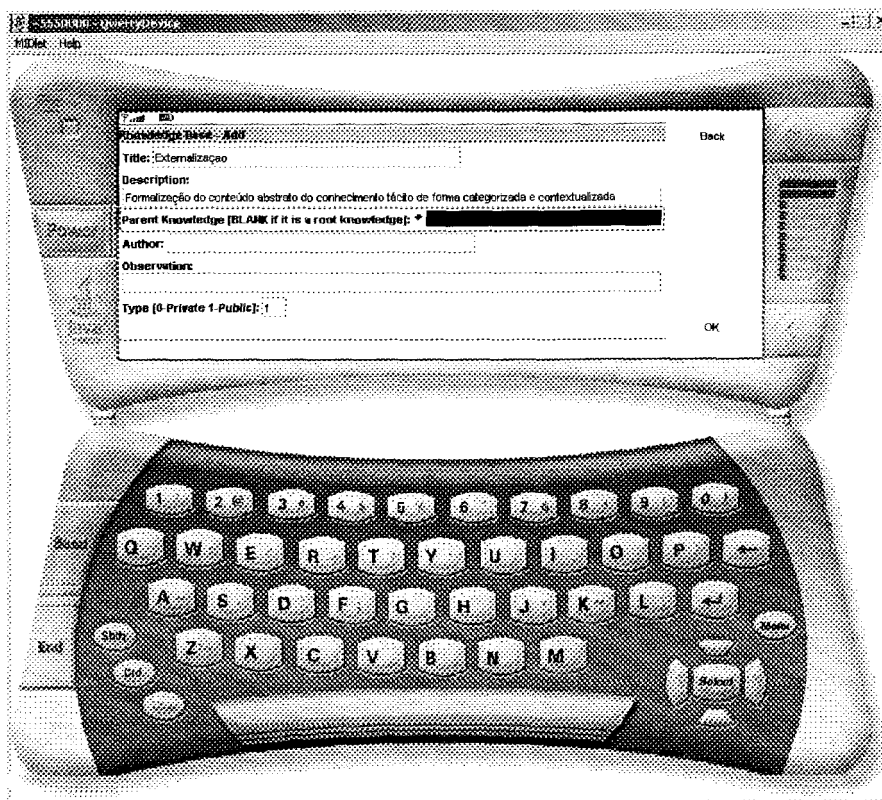


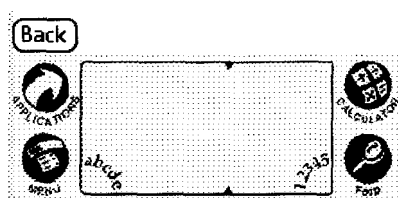
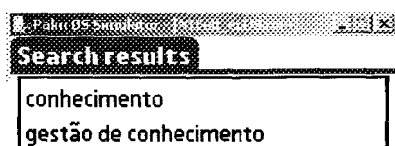
Figura 13 – Tela inicial do protótipo

Já Figura 14 representa a tela de cadastro de conhecimentos do sistema proposto sendo executado no ambiente de desenvolvimento J2ME Toolkit 2.1, ambiente utilizado no desenvolvimento do protótipo. Nessa tela o usuário deverá definir o título do conhecimento, a sua descrição, o autor, o tipo do conhecimento (público ou privado). Caso o conhecimento possua, o usuário do sistema poderá definir o conhecimento pai e a sua referência.



**Figura 14 – Tela do cadastro de um conhecimento**

Finalmente, Figura 15 representa o tela de resultados da execução de uma busca semântica. Conforme foi citado anteriormente, a funcionalidade de busca semântica retorna um conjunto de conhecimentos. O usuário poderá referenciar, copiar ou alterar qualquer conhecimento desse conjunto.



**Figura 15 – Tela de resultados de busca**