

**DANIEL ZIVIANI CASSETTARI
EDUARDO SHIGUEO HARADA
RAFAEL NÓBREGA PEREIRA
VITOR PEREIRA SPACHI**

**SERVIÇOS BASEADOS NA LOCALIZAÇÃO DE
DISPOSITIVOS WI-FI**

Projeto de Formatura apresentado à disciplina
PCS 2050 – Projeto de Formatura II, da
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo.

**São Paulo
2005**

**DANIEL ZIVIANI CASSETTARI
EDUARDO SHIGUEO HARADA
RAFAEL NÓBREGA PEREIRA
VITOR PEREIRA SPACHI**

**SERVIÇOS BASEADOS NA LOCALIZAÇÃO DE
DISPOSITIVOS WI-FI**

Projeto de Formatura apresentado à disciplina
PCS 2050 – Projeto de Formatura II, da
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo.

Área do Projeto: Redes sem fio.

Orientadora: Profº. Dr. Tereza Cristina Melo
de Brito Carvalho.

**São Paulo
2005**

**AUTORIZAMOS A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO PARA
FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

Folha de Aprovação

Daniel Ziviani Cassettari

Eduardo Shigueo Harada

Rafael Nóbrega Pereira

Vitor Pereira Spachi

Serviços Baseados na Localização de Dispositivos Wi-Fi

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo

Área do Projeto: Redes sem fio.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

AGRADECIMENTOS

À Profª. Doutora Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

À equipe de suporte do LARC pela atenção e apoio durante os testes do projeto.

Ao doutorando Rony Rogério Martins Sakuragui pelo apoio no processo de suporte à aparelhagem de redes sem fio.

Às secretárias do LARC Ana e Sílvia pelo apoio durante todo o desenvolvimento do projeto.

RESUMO

Este estudo trata do desenvolvimento de um sistema com o intuito de fornecer serviços baseados na localização geográfica de dispositivos móveis que utilizem a infra-estrutura de uma rede sem fio Wi-Fi. Para tanto, faz-se necessária a definição de uma área de atuação, bem como de uma ampla pesquisa das funcionalidades e dos requisitos necessários nesse ambiente. Neste trabalho escolheu-se o setor de *Shopping Centers* como área de atuação e em posse dos resultados da pesquisa definiu-se o escopo do sistema.

Para o desenvolvimento deste projeto ainda é necessário definir um método de localização que atenda às especificações estipuladas. Para tanto, diversos métodos e algoritmos foram analisados e chegou-se à conclusão de que seria necessário desenvolver um método mais inovador e eficaz que os que haviam sido estudados.

O sistema desenvolvido utilizou-se deste algoritmo de localização e os resultados obtidos mostram que ele tem a eficiência necessária para prover todos os serviços previstos e especificados.

Palavras-Chave: LBS; Redes sem fio; Wi-Fi; Dispositivo Móvel; Algoritmo de localização.

ABSTRACT

This study is related to the development of a system that provides services based on the geographical location of mobile devices connected to a Wi-Fi network infrastructure. For that purpose, the definition of a target environment and a broad research of its functionalities and requisites are made necessary.

In this project the Shopping Centers market had been chosen as the focus environment and with the research results in hands the scope of the system was defined.

To the development of this project it was also necessary to define a localization method that contemplates the specified requirements. Few methods and algorithms were analyzed and it was concluded that a more innovative and effective approach was necessary.

This developed project employs this localization algorithm that presents adequate efficiency to provide the specified services.

Keywords: LBS, Wireless Network Wi-Fi; Mobile Devices; Localization Algorithm.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo de Evolução das Tecnologias Móveis 2004	14
Figura 2 - Análise SWOT das provedoras de acesso Wi-Fi	15
Figura 3 - Metodologia Empregada	18
Figura 4 - Ciclo de Desenvolvimento e Implementação	31
Figura 5 - Cálculo de tempos de propagação no método TDOA	39
Figura 6 - Cálculo do posicionamento do dispositivo móvel no método TDOA	40
Figura 7 - Cálculo de tempos de propagação no método E-OTD	41
Figura 8 - Cálculo do posicionamento do dispositivo móvel no método E-OTD	42
Figura 9 - Cálculo do posicionamento do dispositivo móvel no método GPS	43
Figura 10 - Psion Series 3	47
Figura 11 - Palm Pilot	48
Figura 12 - Demarcação de pontos de referência no ambiente de testes	61
Figura 13 - Inserção de dados de referência para a Localização	61
Figura 14 - Cálculo da localização de um dispositivo	62
Figura 15 - Decaimento da potência de sinal - Teoria vs Prática	63
Figura 16 - Curva normal de uma calibração	106
Figura 17 - Diagrama de Classes do módulo Cria Áreas	108
Figura 18 - Diagrama de Classes do módulo LTW	108
Figura 19 - Diagrama de Seqüência de criação de uma área	109
Figura 20 - Diagrama de Seqüência do cálculo de médias	109
Figura 21 - Diagrama de Seqüência de gravação de um ponto de calibração	110
Figura 22 - Implementação do Banco de Dados do Sistema de Calibração	110
Figura 23 - Diagrama de Classes do WebService	112
Figura 24 - Diagrama de Seqüência de solicitação de nova localização ao WebService	113
Figura 25 - Exemplo de uma situação de localização	114
Figura 26 - Gráfico do gradiente	116
Figura 27 - Aproximação de um ponto distante	117
Figura 28 - Aproximação de ponto foras das áreas válidas	118
Figura 29 - Diagrama de Classes do Sistema Pocket	123
Figura 30 - Diagrama de Seqüência de cadastro de usuário	124
Figura 31 - Diagrama de Seqüência de inicialização do sistema	125
Figura 32 - Diagrama de Entidade-Relacionamento do Sistema	126
Figura 33 - Implementação do Banco de Dados Completo do Sistema	127
Figura 34 - Diagrama de Classes do Portal	131
Figura 35 - Diagrama de Seqüência de inserção de um produto	132
Figura 36 - Diagrama de Seqüência de alteração de um produto	132
Figura 37 - Diagrama de Seqüência de exibição de uma propaganda	133
Figura 38 - Diagrama de Seqüência de exclusão de uma propaganda	133
Figura 39 - Diagrama de Seqüência de envio de mensagem	134
Figura 40 - Diagrama de Seqüência de alteração de senha	135
Figura 41 - Diagrama de Seqüência de inserção de área lógica	135
Figura 42 - Diagrama de Seqüência de alteração de posição de loja	136
Figura 43 - Implementação do Banco de Dados do Portal	137
Figura 44 - Interface Homem-Máquina do Portal	138
Figura 45 - Arquitetura de Hardware do Sistema	139
Figura 46 - Netgear WG602	140

Figura 47 - Arquitetura típica de um Ponto de Acesso.....	141
Figura 48 - SuperStack 3COM	142
Figura 49 - Cisco 2500.....	142
Figura 50 - Dell AXIM X50	143
Figura 51 - Palm Treo 700w	144
Figura 52 - Dell Optiplex GX60SD	144
Figura 53 - Dell Latitude 100L.....	145
Figura 54 - Netgear WG111	145
Figura 55 - Linksys WPC54G	146
Figura 56 - Linksys WCF54G	146
Figura 57 - Diagrama da Arquitetura de Software do Sistema.....	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Público Alvo	26
Tabela 2 - Provedores parceiros da Vex	37
Tabela 3 - Comparação entre os diferentes métodos de Localiza�o	44
Tabela 4 - Novas abordagens para localiza�o de dispositivos Wi-Fi.....	46
Tabela 5 - PDAs Pocket PC/Windows Móbile	51
Tabela 6 - PDAs Pocket PC/Windows Móbile (continua�o)	52
Tabela 7 - PDAs Pocket PC/Windows Móbile (continua�o)	53
Tabela 8 - PDAs Pocket PC/Windows Móbile (continua�o)	54
Tabela 9 - PDAs Pocket PC/Windows Móbile (continua�o)	55
Tabela 10 - PDAs Pocket PC/Windows Mobile	56
Tabela 11 - PDAs Palm (continua�o).....	57
Tabela 12 - PDAs Palm (continua�o).....	58
Tabela 13 - PDAs Palm	59
Tabela 14 - Resultados - Algoritmos implementados.....	63
Tabela 15 - Resultados - Pontos de Acesso - Diferenças construtivas	64
Tabela 16 - Resultados - Pontos de Acesso - Diferenças na localiza�o física dentro do ambiente.....	65
Tabela 17 - Resultados - PDAs - Diferenças construtivas	66
Tabela 18 - Resultados - Ambiente - Diferenças construtivas	66
Tabela 19 - Resultados - Calibra�o - Diferenças no espaçamento dos pontos de calibra�o ..	67
Tabela 20 - Características técnicas do Dell Axim X50	143

SUMÁRIO

1. MOTIVAÇÃO.....	13
1.1. MOTIVAÇÃO PARA O PROJETO.....	13
1.1.1. <i>Tecnologia adotada</i>	13
1.1.2. <i>Locais de implementação</i>	14
1.1.3. <i>Serviços de Valor Agregado</i>	16
2. METODOLOGIA.....	18
2.1. ETAPAS DO PROJETO.....	18
2.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	19
2.2.1. <i>Planejamento</i>	19
2.2.2. <i>Pesquisa</i>	19
2.2.2.1. <i>Ambiente de Implementação</i>	20
2.2.2.1.1. <i>Shopping Eldorado</i>	22
2.2.2.1.2. <i>Shopping Morumbi</i>	23
2.2.2.1.3. <i>Shopping Market Place</i>	24
2.2.2.1.4. <i>Shopping Iguatemi</i>	25
2.2.2.2. <i>Questionário</i>	27
2.2.2.3. <i>Desenvolvimento e Implementação</i>	31
3. TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO PROJETO.....	32
3.1. Wi-Fi.....	32
3.1.1. <i>Histórico</i>	32
3.1.2. <i>Futuro</i>	35
3.1.3. <i>Wi-Fi no Brasil</i>	37
3.2. ALGORITMOS DE LOCALIZAÇÃO.....	38
3.2.1. <i>Cell Id (Identificação de Célula)</i>	38
3.2.2. <i>TOA (Time of Arrival)</i>	38
3.2.2.1. <i>TDOA (Time Difference of Arrival)</i>	39
3.2.2.2. <i>E-OTD (Enhanced Observed Time Difference)</i>	41
3.2.3. <i>GPS – Global Positioning System</i>	43
3.2.4. <i>Novas abordagens</i>	45
3.3. <i>PDAs</i>	47
3.3.1. <i>Breve Histórico</i>	47
3.3.2. <i>Mercado</i>	49
3.3.3. <i>Plataforma Escolhida</i>	49
4. O PROJETO.....	60
4.1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	60
4.1.1. <i>Bloco Localização</i>	60
4.1.1.1. <i>Resultado dos Testes de Localização</i>	62
4.1.2. <i>Sistema Pocket</i>	67
4.1.2.1. <i>Mapa Interativo</i>	68
4.1.2.2. <i>Mecanismos de Busca</i>	68
4.1.2.3. <i>Mensagens Instantâneas</i>	68
4.1.2.4. <i>Slide Show de Ofertas</i>	69
4.1.3. <i>Portal</i>	69
4.2. REQUISITOS.....	69
4.2.1. <i>Requisitos Funcionais</i>	69
4.2.2. <i>Requisitos Não Funcionais</i>	70
4.2.2.1. <i>Usabilidade</i>	70
4.2.2.2. <i>Confiabilidade</i>	71
4.2.2.3. <i>Disponibilidade</i>	71
4.2.2.4. <i>Segurança (Security)</i>	71
4.2.2.5. <i>Privacidade</i>	72
4.2.2.6. <i>Infra-Estrutura</i>	72

4.2.2.7.	Manutenibilidade	73
4.2.2.8.	Portabilidade	73
4.2.2.9.	Escalabilidade	73
4.2.2.10.	Desempenho	74
4.3.	ESCOPO	75
4.3.1.	<i>Funcionalidades</i>	75
	Determinação da posição geográfica do dispositivo móvel	75
	Disponibilização de um mapa interativo	75
	Cadastro e gerenciamento de usuários	76
4.3.2.	<i>Casos de Uso</i>	77
4.4.	DESCRÍÇÃO TÉCNICA	105
4.4.1.	<i>Sistema de Calibração</i>	105
4.4.1.1.	Diagrama de Classes do Sistema de Calibração	108
4.4.1.2.	Diagramas de Seqüência do Sistema de Calibração	109
4.4.1.3.	Implementação do Banco de Dados do Sistema de Calibração	110
4.4.2.	<i>WebService</i>	111
4.4.2.1.	Diagrama de Classes do WebService	112
4.4.2.2.	Diagramas de Seqüência do WebService	113
4.4.2.3.	Localização	114
4.4.3.	<i>Sistema Pocket</i>	119
4.4.3.1.	Core	119
4.4.3.2.	Mapa	120
4.4.3.3.	Thread	120
4.4.3.4.	Util	121
4.4.3.5.	Shopping	122
4.4.3.6.	Diagrama de Classes do Sistema Pocket	123
4.4.3.7.	Diagrama de Seqüência do Sistema Pocket	124
4.4.4.	<i>Diagrama de Entidade-Relacionamento do Sistema</i>	126
4.4.5.	<i>Implementação do Banco de Dados do Sistema</i>	127
4.4.6.	<i>Portal</i>	128
4.4.6.1.	Segurança	129
4.4.6.1.1.	Senhas de Acesso	129
4.4.6.1.2.	Perfis de Acesso	129
4.4.6.1.3.	Ouras Medidas	129
4.4.6.2.	Diagrama de Classes do Portal	131
4.4.6.3.	Diagramas de Seqüência do Portal	132
4.4.6.4.	Implementação do Banco de Dados do Portal	137
4.4.6.5.	Interface Homem-Máquina	138
4.5.	ARQUITETURA TÉCNICA	139
4.5.1.	<i>Arquitetura de Hardware</i>	139
4.5.1.1.	Servidor de Aplicação	140
4.5.1.2.	Servidor Web	140
4.5.1.3.	Pontos de Acesso	140
4.5.1.4.	Switch	142
4.5.1.5.	Roteadores	142
4.5.1.6.	PDAs	143
4.5.1.7.	Smartphone	144
4.5.1.8.	PC	144
4.5.1.9.	Notebook	145
4.5.1.10.	Adaptadores Wi-Fi USB	145
4.5.1.11.	Adaptadores Wi-Fi USB	146
4.5.1.12.	Adaptadores Wi-Fi Compact Flash	146
4.5.2.	<i>Arquitetura de Software</i>	147
4.5.2.1.	Software de Calibração do Dispositivo Móvel	147
4.5.2.2.	Software Cliente do Dispositivo Móvel (<i>Shopping</i>)	148
4.5.2.3.	Portal	148
4.5.2.4.	Servidor Web	148
4.5.2.5.	Sistema Gerenciador do Banco de Dados	149
4.5.2.6.	Web Service	149
4.5.2.7.	Firewall	150
5.	CONCLUSÕES	151
6.	REFERÊNCIAS	152

1. Motivação

1.1. Motivação para o Projeto

O mercado de mobilidade e de aplicações móveis vem mostrando forte crescimento nos últimos anos. Tal fato concretiza-se graças à expansão da área de cobertura das provedoras de serviços móveis e à familiarização dos usuários com as tecnologias desenvolvidas.

Neste contexto, vislumbrou-se o desenvolvimento de um projeto com o intuito de fornecer serviços de valor agregado em locais de grande circulação pública, através de tecnologias emergentes e relevantes.

Assim, chegou-se à conclusão de que serviços baseados na localização sobre a infraestrutura de uma rede Wi-Fi, em quaisquer dos locais atendidos pelas *Wireless Internet Service Providers* (WISPs) seria justificado tanto pelo caráter mercadológico como pelo acadêmico, como pode ser observado nos itens 1.1.1, 1.1.2 e 1.1.3.

1.1.1. Tecnologia adotada

As redes sem fio têm apresentado crescimento e capilaridade consideráveis no país ao longo dos últimos cinco anos. Isso se deve tanto ao potencial da tecnologia Wi-Fi como à queda nos custos de aquisição, manutenção e reparo dos equipamentos que vêm ganhando mais funcionalidades. Tais fatos justificam a necessidade de se dominar esta tecnologia que ainda apresenta grande potencial segundo renomados institutos de pesquisa internacionais (e.g. Gartner Group), como ilustra a Figura 1:

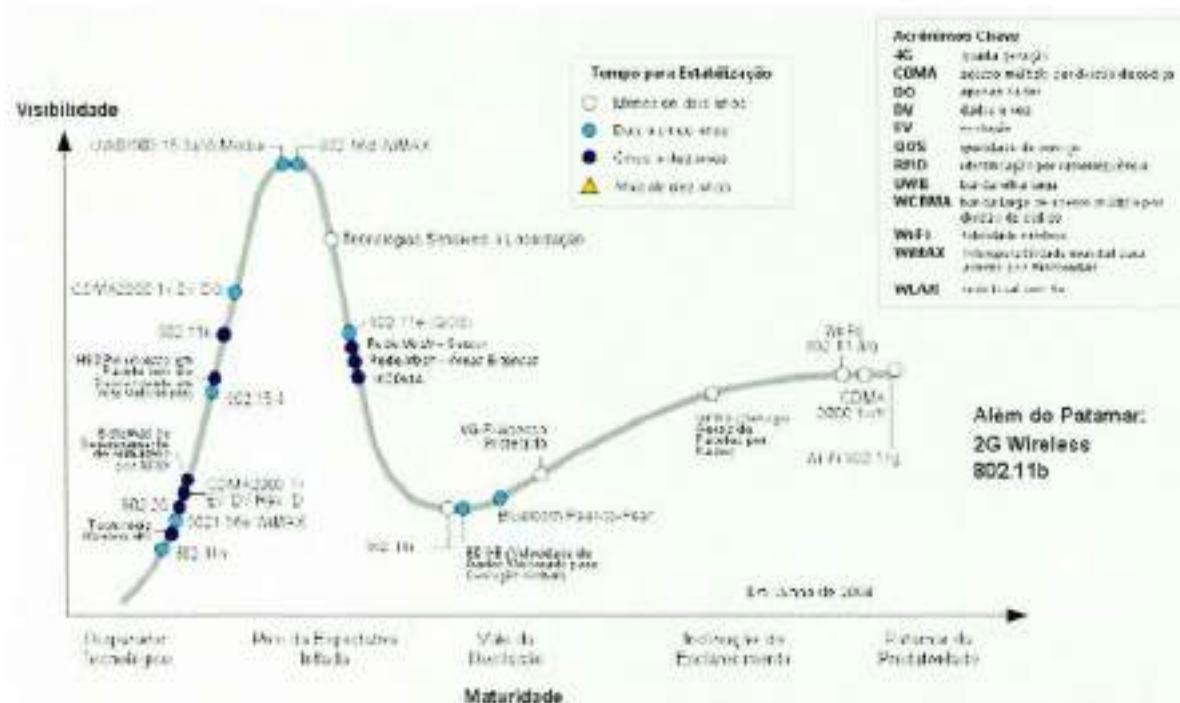


Figura 1 - Ciclo de Evolução das Tecnologias Móveis 2004

Como pode ser observado no gráfico do Instituto Gartner Group [15], o Wi-Fi já se encontra no nível mais alto de maturidade após ter atravessado todas as etapas inerentes às inovações tecnológicas. Dessa forma, ainda pode-se esperar um crescimento tanto na base de usuários como na área de cobertura das redes sem fio.

1.1.2. Locais de implementação

Embora o mercado de redes Wi-Fi no Brasil, em locais públicos (denominados *hot spots*), ainda seja dominado por apenas dois *players* (Vex e Telefonica), uma vez que quase a totalidade dos provedores de acesso utiliza a infra-estrutura destas empresas, a tendência apresentada pelos estudos acima tem se concretizado segundo os números divulgados. Estima-se que a base de assinantes de serviços Wi-Fi ultrapasse 100.000 usuários até final de 2005 no Brasil.

Para atender tal público, as WISPs (*Wireless Internet Service Providers*), concentram suas áreas de cobertura em locais costumeiramente freqüentados pelo seu público-alvo:

- Hotéis.
- Centros de Convenções / Exposições.
- Aeroportos.
- Cafés.
- Restaurantes.
- Shopping Centers.

Porém, o portfólio destas empresas restringe-se ao fornecimento de acesso à Internet, mostrando oportunidades a serviços de valor agregado que podem ser prestados sobre a infraestrutura de rede Wi-Fi. Tal análise pode ser melhor visualizada pelo diagrama SWOT apresentado na

Figura 2^{1,2}.

<u>Strength - Pontos Fortes</u>	<u>Weakness - Pontos Fracos</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Agilidade em um mercado onde a competição e os novos produtos são diferentes dos "conquistas" • Pode ter bom relacionamento com Facility Owners (FOs) para facilitar a implantação em larga escala de WLANs • Capacidade de unir funcionalidade com seus produtos e/ou serviços atuais 	<ul style="list-style-type: none"> • Relações estabelecidas com outras operadoras na implementação de acordos de roaming e interconexão • Baixos recursos para gastos em investimento • Falta de experiência no Gerenciamento do Cliente e Sistema de Tarifação • Falta de experiência em provisionamento de cliente • Falta de base instalada como as operadoras de telefonia
<u>Opportunities - Oportunidades</u>	<u>Threatens - Ameaças</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de unir funcionalidade com seus produtos e/ou serviços atuais • Implementar novos serviços de valor adicionado • Fazer parcerias diferenciadas com Operadoras de Telefonia (o grande participante do mercado de WLANs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Força das Operadoras de Telefonia • Demora na alavancagem de clientes

Figura 2 - Análise SWOT das provedoras de acesso Wi-Fi

¹ Facility Owner é o dono da localidade, no caso, os locais onde estão instaladas as redes sem-fio.

1.1.3. Serviços de Valor Agregado

Os Serviços Baseados em Localização (LBS - *Location Based Services*) são serviços que fazem uso de informações geográficas, combinadas ou não com a posição de terminais móveis para a obtenção e/ou geração de informações úteis para usuários. A mobilidade associada a informações de localização permite selecionar a informação a ser disponibilizada, de forma que o conteúdo retornado seja filtrado conforme a posição geográfica do usuário. Podem-se imaginar inúmeras aplicações para os Serviços Baseados em Localização (LBS), tais como:

- Gerenciamento de força de trabalho: Pode-se supervisionar onde um determinado funcionário está e, dependendo da demanda de serviço, ele pode ser alocado para uma outra região.
- Gerenciamento de frotas: As frotas podem ser rastreadas e com isso o gerenciamento fica facilitado.
- Controle e inventário de ativos: Do mesmo modo, os ativos podem ser controlados e inventariados com o uso de etiquetas Wi-Fi (não utilizadas no projeto).
- Localização de amigos: Dois amigos, utilizando o mesmo tipo de serviço, podem visualizar em um mapa as suas localizações geográficas.
- Cobrança diferenciada com base na localização: Diferentes taxas podem ser cobradas dependendo de onde um cliente estiver acessando um determinado tipo de serviço.
- *Marketing* baseado na localização: Uma pessoa pode receber ou não uma propaganda dependendo de onde ela estiver.
- Etc.

² *Roaming* é a função de conexão de um aparelho sem fio numa rede na qual inicialmente não está cadastrado.

Com base nestas aplicações, e também na imaturidade da maior parte das soluções hoje existentes neste segmento, verifica-se a necessidade de maiores aprofundamentos nos estudos de soluções LBS, justificando o caráter acadêmico do projeto.

2. Metodologia

2.1. Etapas do Projeto

A metodologia adotada seguiu os ensinamentos absorvidos nas disciplinas referentes à engenharia de *software*. Assim, o levantamento de requisitos e a elaboração e revisão de diagramas fizeram parte da etapa de planejamento do sistema.

Tais etapas podem ser ilustradas pela seguinte seqüência:

- Especificação de Requisitos de *Software*
- Especificação de Casos de Uso
- Diagrama de Classes
- Diagrama Entidade – Relacionamento
- Diagrama de Seqüência
- Projeto de Interface Homem – Máquina

Porém, durante a etapa de especificação, houve a necessidade de se criar um ciclo de refinamento dos vários diagramas construídos a fim de adequar o sistema às especificações emergentes com o amadurecimento das idéias, conforme ilustra a Figura 3.

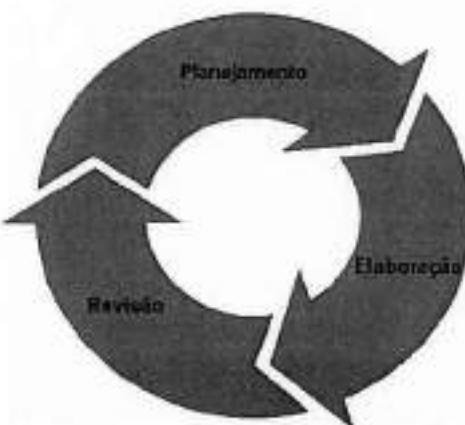


Figura 3 – Metodologia Empregada

2.2. Desenvolvimento do Projeto

2.2.1. Planejamento

As atividades de planejamento de atividades foram de grande importância para o desenvolvimento deste projeto. Foram estimadas metas que muitas vezes não puderam ser cumpridas, devido à maior complexidade das atividades a serem desenvolvidas e do exíguo prazo previsto para as mesmas, ocasionando o constante remanejamento das atividades e prazos. A análise de riscos e impactos também era aplicada quando da definição de metas do cronograma de projeto. Dessa forma, era possível manter um plano de contingência para evitar grandes impactos nos prazos.

Outro fato digno de nota, é que não eram estipulados responsáveis pelas tarefas, uma vez que todos os integrantes do grupo estavam em dedicação integral a este projeto durante o período correspondente ao quarto módulo de estágio do curso de Engenharia da Computação – Cooperativo. Assim, com a presença diária dos quatro integrantes do grupo no Laboratório de Arquitetura de Redes e Computadores (LARC-PCS) da EPUSP, preferiu-se a adoção de empreitadas em cada uma das tarefas do projeto.

Esta abordagem tem a vantagem de prover uma visão holística do projeto a todos os participantes. Contudo, foi necessário estimar os riscos e contingências para evitar impactos indesejáveis no cronograma.

2.2.2. Pesquisa

A etapa de pesquisa foi de suma importância para a definição do escopo do projeto, bem como dos requisitos e funcionalidades necessários. Assim, nesta etapa foram realizados

vários levantamentos de dados setoriais que pudessem tornar-se locais de implementação, possíveis concorrentes dentre outras informações relacionadas ao tema do projeto.

2.2.2.1. Ambiente de Implementação

Como visto no item 1.1.2, os possíveis locais de implementação do projeto podem ser enumerados pela seguinte lista:

- Hotéis.
- Centros de Convenções / Exposições.
- Aeroportos.
- Cafés.
- Restaurantes.
- Hospitais.
- Shopping Centers.

Os potenciais locais de implementação do projeto foram determinados, considerando-se a abrangência da cobertura das operadoras de acesso Wi-Fi, que escolhem estes tipos de locais devido ao público-alvo atendido. Dentre esses locais, optou-se pelos *shopping centers* tanto por familiaridade como pelos números expressivos do setor no país:

- Número de shopping centers: 262
- Faturamento do Setor (2004): R\$ 36,6 bilhões
- Número de lojas: 42.000
- Visitantes (por mês): 185 milhões
- Empregos gerados: 484.000
- Percentual do Varejo Nacional (excluindo automóveis): 18%

Fonte: Abrasce [16]

Com essas decisões tomadas, foram feitos levantamentos junto a alguns dos principais *shopping centers* da capital paulista (Shopping Eldorado, Morumbi Shopping, Shopping São Paulo Market Place e Shopping Iguatemi São Paulo) para verificar a compatibilidade entre o público freqüentador (vide itens 2.2.2.1.1, 2.2.2.1.2, 2.2.2.1.3 e 2.2.2.1.4) e o público-alvo das provedoras de acesso à Internet sem fio.

2.2.2.1.1. Shopping Eldorado

Classe Social

A	19%
B	58%
C	20%
D	3%

Sexo

Masculino	48%
Feminino	52%

Idade

17 a 24 anos	30%
25 a 34 anos	29%
35 a 44 anos	23%
45 a 54 anos	12%
+ de 55 anos ou mais	6%
* 25 a 54 anos	64%

Fluxo de Clientes

Média por dia	61.200
Final de Semana	127.000
Mês	1.836.000

Fonte: Shopping Eldorado [8]

2.2.2.1.2. Shopping Morumbi

Classe Social

A	49%
B	36%
C	15%

Sexo

Masculino	40%
Feminino	60%

Idade

Maior incidência	18 a 34 anos (54%)
Média de idade	34 anos

Fluxo de Clientes

Média por dia	50.000
---------------	--------

Fonte: Shopping Morumbi [9]

2.2.2.1.3. Shopping Market Place

Classe Social

A	39%
B	39%
C	17%

Sexo

Masculino	46%
Feminino	54%

Idade

Até 20	28%
21 a 29 anos	26%
30 a 40 anos	22%
41 a 50 anos	16%
Mais de 50 anos	8%

Fluxo de clientes

Diário	27.000
Mensal	810.000
Anual	9.720.000

Fonte: Shopping Market Place [10]

2.2.2.1.4. Shopping Iguatemi

Classe Social

A1 e A2	67%
---------	-----

Sexo

Masculino	40%
Feminino	60%

Idade

25 a 34 anos	29%
35 a 44 anos	21%
Acima de 45 anos	32%

Fluxo de clientes

Diário	48.000
Mensal	1.450.000
Anual	15.350.000

Fonte: Shopping Iguatemi [11]

Esses shoppings foram selecionados pela equipe por seu público circulante apresentar, em hipótese, um perfil semelhante ao perfil dos usuários das WISPs.

De posse destes resultados, foi possível efetuar um cruzamento com o perfil da base de usuários das WISPs para chegar ao público-alvo do projeto.

A base de usuários das WISPs apresenta as seguintes características:

- Homens e mulheres
- 16 a 50 anos
- Atraídos por novas tecnologias e inovações
- Usuários de telefone celular e PDA
- Usuários de Internet

Fonte: Vex [12]

	<i>Iguatemi</i>	<i>Market Place</i>	<i>Morumbi</i>	<i>Eldorado</i>
Freqüentadores / dia	48.000	27.000	50.000	61.200
Percentual compatível com perfil	10%	30%	30%	20%
Público-Alvo / dia	4.800	8.100	15.000	12.240
Total	40140			

Tabela 1 - Público Alvo

Fonte: Análises do Grupo

Uma vez estabelecidos o público-alvo e possíveis locais de implementação do projeto, foram realizadas inúmeras pesquisas de opinião para verificação das necessidades e validação das premissas adotadas pela equipe. Estas pesquisas, como pode ser observado no item 2.2.2.2, tinham o intuito de elucidar dúvidas referentes a:

- Meios de divulgação existentes
- Modalidades de *marketing* mais eficientes
- Fidelidade de clientes
- CRM (*Customer Relationship Management*)³ Eletrônico
- Vantagens oferecidas para clientes fiéis
- Métodos e eficiência dos atuais mecanismos de localização interna ao *shopping center*
- Papel da tecnologia nas vendas atuais
- Sugestões de funcionalidades

2.2.2.2.Questionário

O questionário elaborado possui cerca de vinte questões que foram aplicadas diretamente com possíveis clientes e usuários do projeto, dentre os quais, lojistas e freqüentadores do Shopping Eldorado e Shopping Market Place. Os resultados foram bastante interessantes, uma vez que as características-chave do projeto contemplam grande parte das necessidades e anseios expressados pelos potenciais clientes. O Shopping Eldorado foi escolhido para a realização da pesquisa, por apresentar um alto número absoluto de freqüentadores por dia e o Shopping Market Place, por apresentar um alto percentual de

³ *Customer Relationship Management*, ou Gestão de Relacionamento com o Cliente, consiste num conjunto de metodologias para chegar a um conhecimento mais completo sobre o cliente e, a partir daí, fornecer mais rapidamente produtos e serviços ideais.

frequêntadores que possuem perfil compatível com o perfil de usuários das WISPs. Segue abaixo as questões e os resultados obtidos:

- Quais são os atuais meios de divulgação da sua empresa? (Respostas Múltiplas)

Site	67%
E-mail	50%
Televisão	17%
Folders e panfletos	67%
Painel de publicidade	17%
Rádios	17%
Jornais	50%
Telemarketing	17%
Outdoors	33%
Revistas	67%
Cartões de visita	17%

- Qual modalidade de *marketing* julga mais eficiente? (Resposta Única)

Folhetos	20%
Marketing Eletrônico	0%
E-mail	0%
Mala direta	60%
Outros: Televisão	20%

- Existe um cadastro de clientes? (Resposta Única)

Sim	83%
Não	17%

- O cadastro é utilizado para marketing direcionado? (Resposta Única)

Sim	67%
Não	33%

- É mantido um histórico das compras de cada cliente cadastrado? (Resposta Única)

Sim	50%
Não	50%

- Gostaria de ter uma estatística dos produtos da sua loja mais procurados pelos freqüentadores do *shopping center*? (Resposta Única)

Sim	83%
-----	-----

Não	0%
Já possui	17%

- Qual a porcentagem de freqüentadores que sabem da existência da sua loja dentro do *shopping center*? (Resposta Única)

10 – 30 %	0%
30 – 50 %	29%
50 – 70 %	0%
70 – 90 %	71%
> 90 %	0%

- E qual é a porcentagem dos que conhecem a localização da sua loja? (Resposta Única)

10 – 30 %	14%
30 – 50 %	0%
50 – 70 %	43%
70 – 90 %	29%
> 90 %	14%

- Você acredita que o método de localização da sua loja feito para o cliente pelo *shopping center* é suficiente? (Resposta Única)

Sim	29%
Não	71%

- Você ofereceria vantagens para os clientes atingidos por *marketing* direcionado e móvel? (Resposta Única)

Sim	83%
Não	17%

- O quanto você acredita que seus clientes têm familiaridade com a Internet? (Resposta Única)

0 (menor conhecimento)	0%
1	0%
2	0%
3	14%
4	0%
5	0%
6	0%
7	14%
8	14%

9	29%
10 (maior conhecimento)	29%

- O que mais atrai o cliente para a sua loja? (Respostas Múltiplas)

localização	14%
promoções	86%
nome	100%
agilidade	0%
qualidade	71%
preços	29%
outros: variedade	14%

- Como você classificaria a importância da tecnologia nas vendas? (Resposta Única)

0 (menor importância)	0%
1	0%
2	0%
3	0%
4	0%
5	0%
6	0%
7	0%
8	0%
9	43%
10 (maior importância)	57%

2.2.3. Desenvolvimento e Implementação

A etapa de desenvolvimento e implementação seguiu a abordagem prevista na fase de planejamento. Ou seja, foram realizadas empreitadas para cada um dos três principais blocos do projeto, que eram integrados e testados em conjunto após o término dos testes individuais.

Assim, o ciclo de desenvolvimento e implementação pode ser representado pela Figura 4.

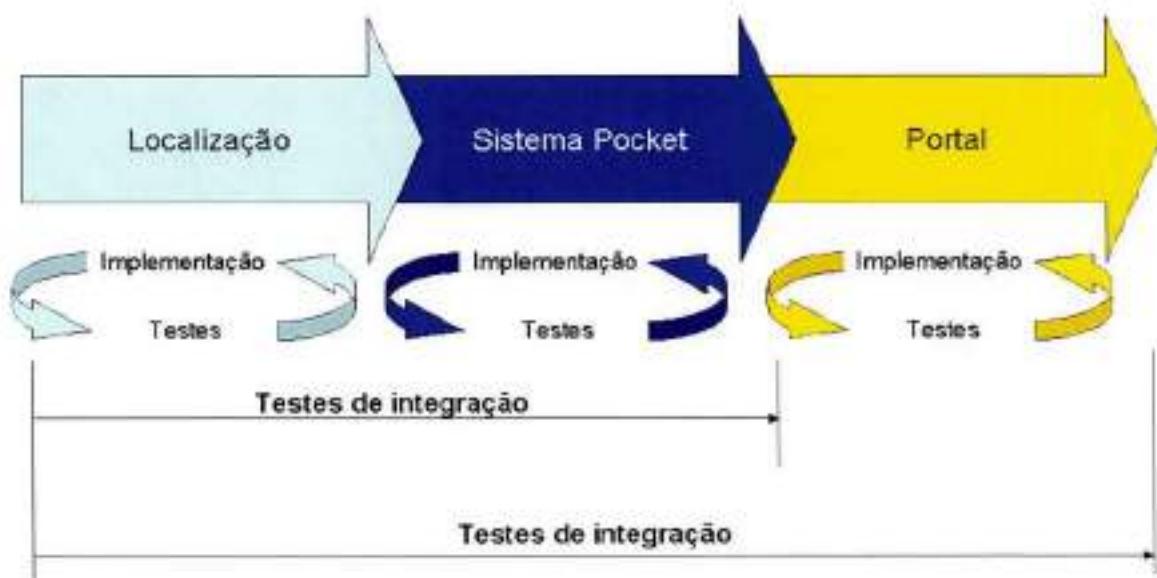


Figura 4 - Ciclo de Desenvolvimento e Implementação

3. Tecnologias empregadas no Projeto

3.1. Wi-Fi

3.1.1. Histórico

A tecnologia Wi-Fi não teria existido sem uma decisão tomada em 1985 pelo *Federal Communications Commission* (FCC), reguladora das telecomunicações dos Estados Unidos, para a abertura de bandas do espectro *wireless*, permitindo sua utilização sem a necessidade de licenças governamentais. Nesta época, o FCC tomou 3 partes do espectro – antes reservados para fins industriais, científicos e médicos – e os abriu para empresas empreendedoras de comunicação.

As chamadas *garbage bands*, a 900 MHz, 2.4 GHz e 5.8 GHz, já eram alocadas a equipamentos que utilizam energia de radiofrequência para outros fins além da comunicação: fornos de microondas, por exemplo. O FCC disponibilizou estas bandas para fins de comunicação também, com a condição de que os equipamentos nestas freqüências devem evitar a interferência de outros equipamentos.

Isso seria garantido pela tecnologia *spread spectrum*, que espalha um sinal de rádio sobre um amplo intervalo de freqüências, em contraste com a usual abordagem de transmissão em uma única freqüência definida. Tal fato tanto dificulta a interceptação dos sinais como reduz a suscetibilidade a interferências.

No entanto, mesmo com essa atitude visionária para o ano de 1985, nada aconteceu em direção à alavancagem das comunicações nessas bandas. O fato responsável pela alavancagem do Wi-Fi foi a criação de um padrão industrial. No início, os fabricantes de equipamentos *wireless* para redes locais (LANs), como Proxim e Symbol, desenvolveram

soluções proprietárias. Porém, equipamentos de diferentes fabricantes não poderiam se comunicar com o de outros.

Inspirados pelo sucesso da Ethernet, os fabricantes chegaram ao consenso de que um padrão único para *wireless* faria sentido também. Os consumidores teriam mais motivos para a adoção da tecnologia se não tivessem de estar “presos” a soluções de um único fabricante.

Em 1988, a NCR Corporation, que desejava utilizar o espectro liberado pelo FCC para a conexão de caixas registradoras *wireless*, pediu ao seu engenheiro Victor Hayes, para iniciar a busca por um padrão de comunicação sem fio. Hayes e Bruce Tuch do Bell Labs foram ao *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), onde um comitê denominado 802.3 havia definido o padrão Ethernet. Um novo comitê denominado 802.11 foi formado, com Victor Hayes como presidente.

O mercado fragmentado até 1997 mostrou que um longo tempo foi gasto para chegar à definição aprovada por 75% do comitê. Finalmente, em 1997, o comitê chegou a uma especificação básica. Tal especificação permitia uma taxa de transferência de dados de 2 Mbps, utilizando quaisquer das duas tecnologias de *spread-spectrum: frequency hopping* (Evita interferências de outros sinais através de saltos entre freqüências) ou *direct-sequence* (espalha o sinal sobre uma ampla banda de freqüências).

O novo padrão foi publicado em 1997, e engenheiros começaram imediatamente a trabalhar em protótipos de equipamentos compatíveis com o padrão. Duas variantes, denominadas 802.11b (que opera na banda de 2.4 GHz) e 802.11 a (que opera na banda de 5.8GHz), foram ratificadas em dezembro de 1999 e janeiro de 2000 respectivamente. 802.11b foi desenvolvida, primeiramente, por Richard van Lee da Lucent e Mark Webster da Intersil.

As empresas iniciaram a fabricação de equipamentos compatíveis com 802.11b, mesmo com uma especificação longa e complexa (mais de 400 páginas). Assim, problemas de compatibilidade continuaram a persistir. Em 1999, seis empresas – Intersil, 3Com, Nokia,

Aironet (adquirida pela Cisco), Symbol e Lucent – reuniram-se para a criação da *Wireless Ethernet Compatibility Alliance* (WECA).

A idéia foi a de que esta aliança certificaria produtos de diferentes fabricantes garantindo total compatibilidade com o padrão. Porém, os termos “WECA compatible” ou “IEEE 802.11b compliant” dificilmente seriam lembrados pelo público. Assim surgiu o nome Wi-Fi.

A tecnologia estava padronizada, e agora possuía um nome. Agora era necessário conseguir uma penetração no mercado, o que foi conseguido pela Apple. A empresa sugeriu à Lucent a criação de um adaptador de rede Wi-Fi abaixo de US\$ 100. Caso esse adaptador fosse criado, a Apple incorporaria um *slot* para acesso a redes Wi-Fi em todos os *laptops*. O desafio foi superado, e em julho de 1999, Wi-Fi foi apresentado como um opcional na nova linha iBook de computadores, sob o nome AirPort.

Wi-Fi foi impulsionada pela crescente popularização de conexões domésticas de banda larga à Internet, pois é a maneira mais fácil de compartilhar uma única conexão com diversos dispositivos clientes. Com o espalhamento da tecnologia, locais onde se pode acessar a Internet mediante o pagamento de uma taxa de utilização, conhecidos como *hotspots*, começaram a se espalhar ao redor do mundo em cafés, restaurantes, hotéis e aeroportos. Como consequência da adoção crescente da tecnologia 802.11b, surgiu outro padrão denominado 802.11g, o qual, utiliza uma nova tecnologia de *spread-spectrum* chamada *orthogonal frequency-division multiplexing* (OFDM) e pode alcançar velocidades de até 54 Mbps numa banda de 2.4 GHz. A técnica OFDM divide o espectro em múltiplas bandas de freqüências estreitas. Como o sinal usa diversas freqüências ocorre o efeito de espalhamento de espectro (*spread-spectrum*).

3.1.2. Futuro

Muitos entusiastas acreditam que outras tecnologias *wireless* serão deixadas de lado devido ao Wi-Fi, pois os *hotspots* substituirão as redes de terceira geração (3G) de telefones celulares, que também tem o intuito de fornecer alto desempenho e qualidade de serviço na transferência de informação (dados, voz e vídeo) a usuários móveis.

Wi-Fi, em suas configurações originais de potência, é uma tecnologia de curto alcance que nunca seria capaz de abranger uma cobertura necessária de redes móveis. Além disso, existe o problema de *roaming* entre as diferentes redes existentes, já que cada *hotspot* tem um administrador responsável. Dessa forma, usuários assinantes da rede dos *coffee shops* estariam impossibilitados de utilizar o *hotspot* do aeroporto sem outra assinatura. Contudo, existem esforços para a eliminação deste problema, como o da iPass, que já firmou contratos com diversas operadoras WISP (*Wireless Internet Service Provider*) ao redor do mundo para a eliminação do problema de múltiplas assinaturas por cada um dos usuários.

Outra tecnologia promissora derivada do Wi-Fi, especificada pela IEEE 802.16 e conhecida como WiMax, deve estar disponível ao público em um curto período de tempo (já está sendo testada em diversos lugares do país). O Wi-Max é posicionado como uma versão de maior abrangência que o Wi-Fi e possui um *throughput* de 70 Mbps e um alcance máximo de 50 km, comparado aos 50 m do Wi-Fi. Assim, o Wi-Max mostra-se viável inclusive para a cobertura necessária à telefonia móvel.

Porém, o Wi-Fi também encontra ameaças no ambiente doméstico. No momento é a tecnologia dominante para *home-networks*: televisões, CD players, geladeiras e outros equipamentos eletrônicos compatíveis com Wi-Fi já começam a aparecer. Telefones sem-fio baseados em Wi-Fi também já estão disponíveis. Porém, o Wi-Fi pode perder sua liderança para novas tecnologias como IEEE 802.15.3, denominada WiMedia, a qual, foi

especificamente projetada para curto alcance e alta capacidade em redes domésticas com equipamentos eletrônicos. O Sistema Bluetooth, devido à sua baixa velocidade, já vem sendo adotado para intercomunicação de periféricos, por exemplo, conectando um teclado sem fio ao computador ou um telefone celular a um laptop para transmissões de dados.

Assim, pode-se concluir que o Wi-Fi pode ser considerado como a tecnologia de referência para o que pode ser implementado com as futuras tecnologias *wireless*. Também mudou a maneira como os reguladores e empresas de tecnologia pensam sobre políticas de espectro de radiofrequência. Além disso, mostra que um acordo em um padrão único pode criar um mercado. Independente do futuro do Wi-Fi, um importante legado já foi deixado para as futuras tecnologias *wireless* que surgirão.

3.1.3. Wi-Fi no Brasil

O mercado de provedores Wi-Fi no Brasil é dominado por apenas duas WISPs, a Vex e a Telefônica.

No entanto, a Vex possui uma grande vantagem tanto na base de assinantes como no número de *hotspots* – cerca de 590 em todo o território nacional. Tal vantagem foi conquistada através de diversas parcerias com provedores de acesso de Internet tradicionais [12], como ilustrado na Tabela 2.



Tabela 2 - Provedores parceiros da Vex

Já a Telefônica escolheu a estratégia de fornecimento de acesso Wi-Fi sem a utilização de parcerias. Dessa forma, sua base de usuários é formada por pessoas que adquirem cartões de acesso pré-pago à venda nos *hotspots* da empresa.

3.2. Algoritmos de Localização

Quanto maior for a precisão do método de localização, maior será o valor agregado ao serviço oferecido e, consequentemente, maior o valor percebido pelo cliente e sua disposição de utilizá-lo e pagar por ele. Podemos dividir os métodos de localização de dispositivos móveis atuais em três grupos básicos [4]: Cell Id (*Cell Identification*), TOA (*Time of Arrival*) e GPS (*Global Positioning System*) que são descritos nos itens 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3 respectivamente.

3.2.1. *Cell Id* (Identificação de Célula)

O método mais simples de localização e também o de menor precisão é o Cell Id, através do qual se identifica a célula, ou *ponto de acesso*, onde o usuário se encontra. Esta informação é inerente a qualquer sistema móvel, uma vez que a rede sempre possui a informação da célula em que o terminal móvel está alocado para encaminhar os pacotes [23].

Assim, a precisão está diretamente associada ao tamanho da célula, podendo variar de acordo com o ambiente coberto.

3.2.2. *TOA* (*Time of Arrival*)

Os métodos de localização baseados no tempo de chegada efetuam os cálculos dos intervalos de tempo de propagação dos sinais pela rede móvel. Dentre estes, destacam-se dois métodos principais [18]: o TDOA (item 3.2.2.1) e o E-OTD (item 3.2.2.2).

3.2.2.1. TDOA (*Time Difference of Arrival*)

Este método baseia-se no tempo de propagação do sinal de rádio transmitido pelo dispositivo móvel até equipamentos denominados Unidades de Medida de Localização (LMUs - *Location Measurement Units*) usualmente instalados junto aos pontos de acesso, cujas posições são previamente conhecidas. Quando o usuário solicita um serviço LBS, a rede "força" o terminal a fazer um pedido de *handover*⁴, acarretando no envio de pacotes que serão cronometrados. Tal fato é ilustrado pela Figura 5.

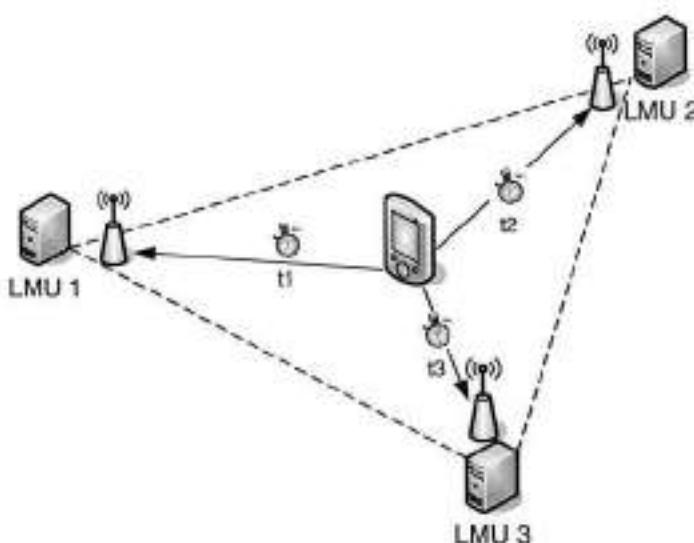


Figura 5 – Cálculo de tempos de propagação no método TDOA

Os tempos de propagação são então processados pela Unidade Móvel de Localização Servidora (SLMU - *Serving Location Mobile Unit*), onde, por meio da “triangulação” dos valores, a posição do dispositivo requisitante é determinada.

⁴ *Handover* consiste no processo de envio de mensagem de um dispositivo à rede para constatar o funcionamento da comunicação entre eles.

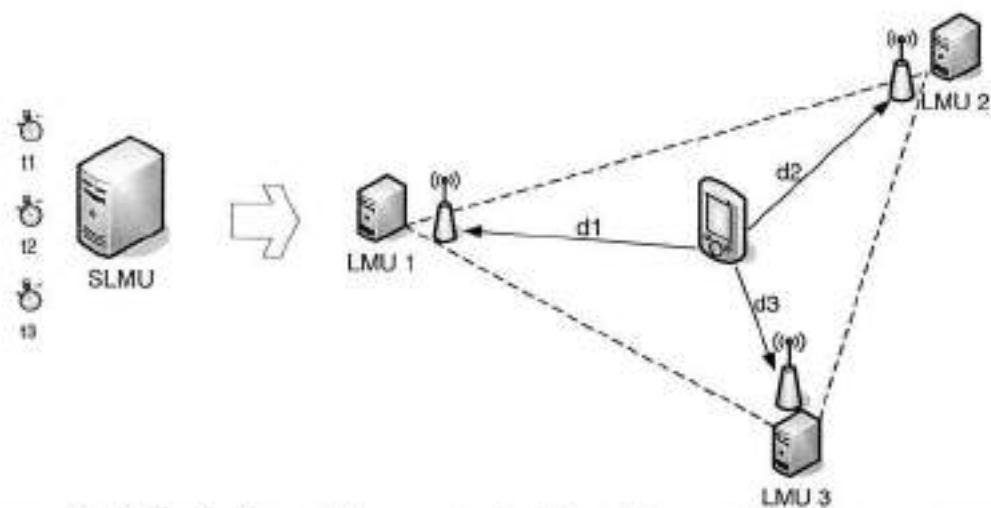


Figura 6 - Cálculo do posicionamento do dispositivo móvel no método TDOA

Porém, como pode ser observado, o TDOA requer uma LMU por *ponto de acesso*, tornando a solução cara.

3.2.2.2. E-OTD (*Enhanced Observed Time Difference*)

Neste método, o dispositivo móvel calcula o tempo de propagação do sinal transmitido por pelo menos três *pontos de acesso* localizados em células vizinhas até o próprio terminal, requerendo uma funcionalidade extra nos terminais. Além disso, a LMU, localizada em ponto fixo conhecido, mede o tempo de propagação destes sinais enviados pelos *pontos de acesso* até ela própria, como ilustra a Figura 7 [22].

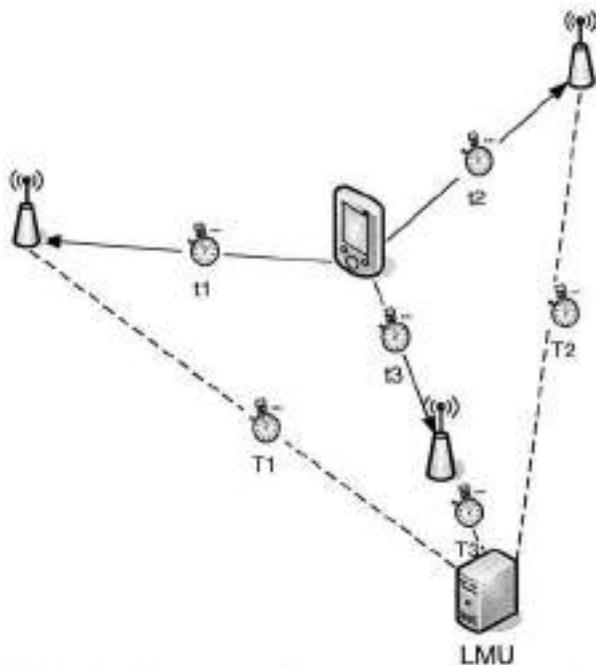


Figura 7 - Cálculo de tempos de propagação no método E-OTD

Com as informações enviadas pelos terminais e pela LMU, a SLMU calcula a posição do dispositivo móvel de maneira semelhante ao TDOA (item 3.2.2.1), conforme ilustra a Figura 8.

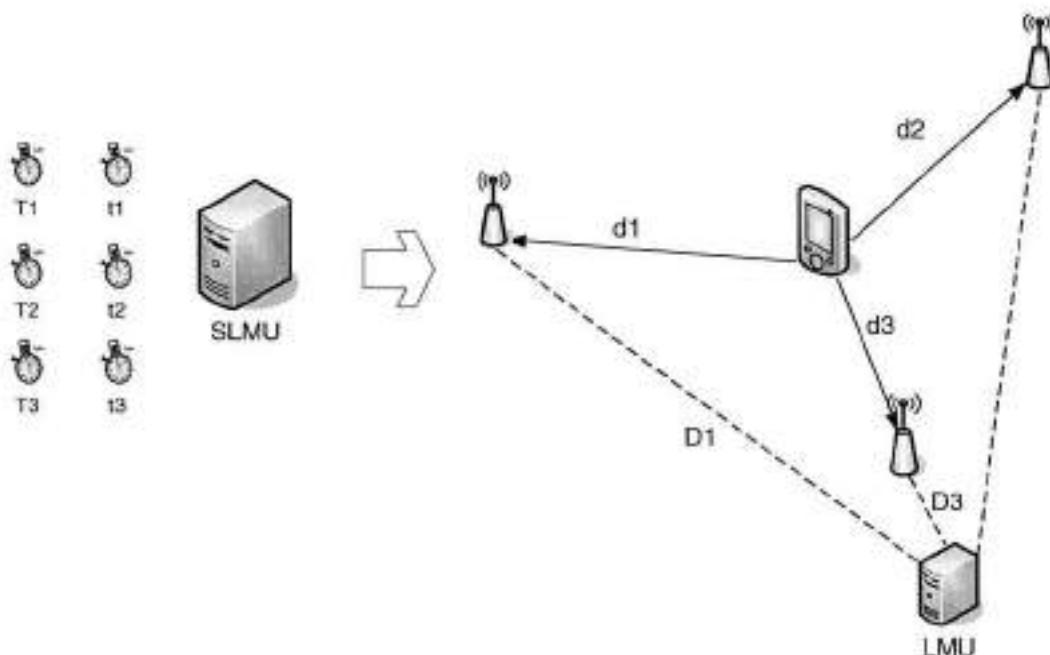


Figura 8 - Cálculo do posicionamento do dispositivo móvel no método E-OTD

Este método apresenta boa precisão em áreas com grande concentração (densidade) de *pontos de acesso*.

3.2.3. GPS – Global Positioning System

A solução convencional de GPS baseia-se também no cálculo do tempo de propagação do sinal de rádio transmitido.

Num sistema deste tipo, tem-se um receptor GPS integrado no terminal móvel, que recebe os sinais provenientes da constelação de satélites do sistema GPS e, baseado nos tempos de propagação dos sinais transmitidos por um mínimo de três satélites, calcula a posição do terminal.

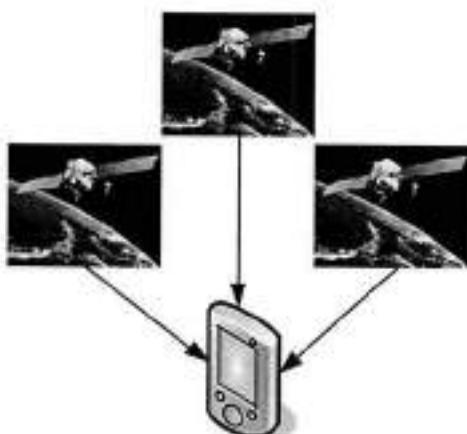


Figura 9 - Cálculo do posicionamento do dispositivo móvel no método GPS

Apesar da excelente precisão em ambientes *outdoor*, principalmente rurais e suburbanos, onde não há obstáculos, este método não oferece cobertura *indoor*, não sendo portanto adequado à utilização em grandes centros urbanos. Além disso, sua operação fica muito prejudicada quando o céu está parcialmente encoberto [23].

Para melhor compreensão, a

Tabela 3 apresenta uma comparação entre estes três métodos apresentados com suas respectivas características.

		TOA (Time of Arrival)			
	Cell Id (Cell identification)	TDOA	E-OTD	GPS	
Precisão média em ambiente urbano *	50~500m (microcélulas)	250m	75m	55m (urbano). 20m (suburbano). 10m (rural).	
	500m~5Km (macrocélulas)				
Necessidade de terminais especiais	Não	Sim	Sim	Sim	
Custo	Menor custo de implementação	Baixo	Necessidade de investimentos na rede, servidores e terminais	Necessidade de investimentos em terminais e processamento na rede.	
Obs.	Precisão dependente do tamanho da célula	Necessidade de pesados investimentos na rede e em servidores. Precisão vulnerável à carga de tráfego da rede.	Dependente de grande densidade de BTS's ⁵	Não tem cobertura indoor e sofre severas limitações com múltiplos percursos e obstáculos (prédios).	
Desempenho em ambiente	Cell Id (Cell identification)	TDOA	E-OTD	GPS	
indoor	Razoável	Boa	Boa	Não	
urbano	Razoável	Boa	Boa	Boa	
suburbano	Razoável	Boa	Boa	Excelente	
rural	Fraca	Boa	Fraca	Excelente	

Tabela 3 - Comparação entre os diferentes métodos de Localização

* A precisão varia muito dependendo da densidade das células, ambiente de cobertura e configuração da rede.

⁵ Base Transceiver Station ou Estação Transceptor de Base é a entidade de uma rede de computadores que se comunica com a estação móvel.

3.2.4. Novas abordagens

Para a tecnologia Wi-Fi, surgiram duas vertentes distintas das apresentadas devido ao mau desempenho oferecido pelos métodos TOA (item 3.2.2).

A primeira defende a determinação da localização de dispositivos através de equações teóricas de decaimento da potência de sinal. Já a segunda abordagem aconselha o tratamento estatístico dos dados referentes às potências de sinal percebidas em um determinado local por um determinado dispositivo móvel.

Existem também soluções que defendem a utilização de ambas as técnicas [24] concomitantemente, o que é possível graças às redes Bayesianas [13].

A solução adotada neste trabalho refere-se à utilização da segunda abordagem, ou seja, foram utilizadas técnicas estatísticas aplicadas às potências de sinal recebido pelos dispositivos móveis. Foi escolhida esta abordagem após análises de testes de ambas. Após a análise, ficou claro que a teoria de decaimento da potência de sinal é pouco eficiente quando aplicada em ambientes reais, pois umas séries de questões não são consideradas por esta abordagem, por exemplo decaimento em relação a obstáculos físicos, culminando em resultados de localização insatisfatórios. Porém, buscou-se uma solução ainda mais inovadora com relação às metodologias atualmente propostas (

Tabela 4).

Simple Point Matching – SPM	Retorna a localização caso a leitura seja idêntica à calibração.
Bayesian Point	Retorna o ponto mais próximo baseando-se numa rede Bayesiana[13].
Averaged Bayesian	Retorna a média dos 2 pontos mais próximos baseando-se numa rede Bayesiana[13].
RADAR	Retorna o ponto mais próximo baseado na diferença dos RSSI ⁶ .
Averaged RADAR	Retorna a média dos 2 pontos mais próximos baseado na diferença dos RSSI.
Highest Probability	Aplica estimativas de probabilidade de potências de sinal.
Averaged Highest Probability	Retorna a média dos 2 pontos de maior probabilidade.

Tabela 4 - Novas abordagens para localização de dispositivos Wi-Fi

O algoritmo de localização adotado neste projeto pode ser encontrado no item 4.4.2.3 deste documento.

⁶ Received Signal Strength Indication ou Indicador de Intensidade do Sinal Recebido, tem, geralmente, como unidade o decibel (dBm) e quanto menor seu valor, maior a intensidade do sinal recebido.

3.3. PDAs⁷

3.3.1. Breve Histórico

O mercado de *palmtops* cresceu imensamente nos últimos anos. Aqui no Brasil, os computadores de mão vêm tornando-se comuns aos olhos de todos.

O computador super portátil não é um conceito novo. Em 1984, a empresa britânica Psion lançava seu primeiro *handheld*. O Organiser I contava com 8kb de memória e dois *slots* de expansão que permitiam a adição de novos programas. Não possuía grandes programas, como editores de texto ou jogos, mas o ambicioso computador estava anos à frente de qualquer possível concorrência.

Mas foi em 1991 que saiu do papel o primeiro portátil que realmente merecia o nome de computador. O Series 3 (vide Figura 10), da mesma Psion que lançara o Organiser em 1984, possuía um editor de textos, um banco de dados configurável, uma agenda com telas diárias e semanais, uma lista de tarefas e o que talvez tenha sido o grande forte dos Psion até o fim de sua linha de *palmtops* ocorrido em 2001: um ambiente de programação embutido no *handheld*.



Figura 10 - Psion Series 3

⁷ Personal Device Assistant ou Assistente Digital Pessoal é um computador de dimensões reduzidas, dotado de grande capacidade computacional, com possibilidade de interconexão com computadores pessoais e com redes sem fios para acesso à Internet.

O número de usuários de Psions no Reino Unido sempre foi bastante expressivo. Mas o problema é que nem todo mundo precisava de um computador completo dentro do bolso. Alguns queriam apenas uma máquina mais funcional que as velhas agendas eletrônicas.

Demorariam cinco anos para que em 1996 fosse lançado o *handheld* do qual descendem todos os famosos Palms de hoje em dia. O Pilot era um equipamento diferente (vide Figura 11). Ao invés do teclado existente nos Psions, ele possuía uma área virtual na qual o usuário poderia escrever os caracteres desejados. Outro diferencial foi a sincronização com os computadores pessoais através do *cradle* e da funcionalidade *hot sync*.



Figura 11 - Palm Pilot

Porém, vislumbrando esta interessante fatia de mercado, pouco depois do lançamento do Pilot, a Microsoft lançaria o seu Windows CE, uma versão reduzida do Windows 95 que rodava em *palmtops*.

O Windows CE não obteve grande sucesso durante um considerável período de tempo. Até que foi lançado o Pocket PC, com o Windows Mobile, uma versão potente do Windows CE, que roda em *palmtops* similares aos Palms.

Com a evolução das aplicações e sistemas operacionais dos *handhelds*, assistiu-se também a uma grande evolução das tecnologias de rede suportadas por estes equipamentos. Das antigas interfaces de infravermelho, os *handhelds* passaram a suportar nativamente *Bluetooth* e Wi-Fi sem grandes alterações nos preços.

3.3.2. Mercado

Os números de vendas dos *handhelds* apontam crescimento tanto nos mercados internacionais como no mercado brasileiro. Segundo o respeitado instituto Gartner, as vendas mundiais de PDAs (*Personal Device Assistants*) durante o primeiro trimestre do ano de 2005 totalizaram 3,4 milhões de unidades, aumento de 26% frente aos 2,7 milhões registrados no ano passado [5, 16].

Ainda segundo o Gartner, os PDAs com funcionalidades de redes sem fio (WLAN) e de telefones celulares foram responsáveis por 55% das vendas durante o período. Tal fato representa uma tendência, já que a previsão do instituto é de que em 2005, 80% destes equipamentos que tem custo acima de US\$ 400 terão foco em conectividade sem fio, *e-mail*, mensagens instantâneas e fotos digitais.

No Brasil, pesquisa da Pyramid Research[14] indica que o mercado de PDAs salta de 1,1 milhão de unidades ao fim de 2004 para 4,3 milhões em 2008.

Tais fatos ilustram a crescente relevância destes dispositivos, indicando a possibilidade de vários projetos que visem melhorar a utilização dos mesmos, aumentando a gama de funcionalidades que poderão oferecer.

3.3.3. Plataforma Escolhida

Dentre as duas principais plataformas comercialmente disponíveis (Palm e Windows Mobile), optou-se no projeto por utilizar a plataforma Windows Mobile tanto por razões comerciais como pela disponibilidade das ferramentas de desenvolvimento.

No âmbito comercial, as previsões de mercado indicam um forte crescimento da participação do mercado (*market share*) da plataforma Windows. Esta tendência já pode ser

comprovada pela atual gama de modelos disponíveis no mercado nacional com ambas as plataformas, como apresentado na Tabela 10 - PDAs Pocket PC/Windows Mobile e na Tabela 13 - PDAs Palm. Tal fato é ainda mais reforçado pelo primeiro PDA fabricado pela Palm Inc. com o sistema operacional Windows Mobile 5.0⁸.

⁸ <http://www.microsoft.com/windowsmobile/5/palm.mspx>

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infra-Red	SD	CF
 Acer N10	Pocket PC 2003	Intel 300 MHz	64MB	240x320	Não	Não	Sim	Sim	Sim
 Acer N10	Pocket PC 2003	Intel 400 MHz	64MB	240x320	Não	Não	Sim	Sim	Sim
 Audiobox Thera 2032	Pocket PC 2002	StrongArm 206 MHz	32MB	240x320	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Dell Axim X30	Pocket PC 2003	Intel 624 MHz	64MB	240x320	Sim	Sim	Não	Sim	Não

Tabela 5 - PDAs Pocket PC/Windows Móveis

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infra-Red	SD	CF
 Dell Axim	Windows Mobile 2003	Intel 520 MHz	64MB	240x320	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
 Dell Axim X50	Windows Mobile 2003	Intel 624 MHz	64MB	480x640	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
 Gradiente Partner GP200	Pocket PC 2002	StrongArm 206 MHz	32MB	240x320	Não	Não	Sim	Sim	Sim
 HP iPAQ 1930	Pocket PC 2003	Samsung 203 MHz	64MB	240x320	Não	Não	Sim	Sim	Não
 HP iPAQ 1940	Pocket PC 2003	Samsung 266 MHz	64MB	240x320	Não	Sim	Sim	Sim	Não

Tabela 6 - PDAs Pocket PC/Windows Móvel (continuação)

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infra-Red	SD	CF
 HP iPAQ 2210	Pocket PC 2003	Intel 400 MHz	64MB	240x320	Não	Sim	Sim	Sim	Não
 HP iPAQ 4150	Pocket PC 2003	Intel 400 MHz	64MB	240x320	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
 4350	Pocket PC 2003	Intel 400 MHz	64MB	240x320	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
 HP iPAQ 5550	Pocket PC 2003	Intel 400 MHz	128MB	240x320	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
 HP iPAQ 6315	Windows Mobile 2003 Phone Edition	TI OMAP 200MHz	75MB	240x320	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Tabela 7 - PDAs Pocket PC/Windows MóBILE (continuação)

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infra-Red	SD	CF
 HP iPAQ hx 2110	Windows Mobile 2003	Intel 312 Mhz	64MB	240x320	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
 HP iPAQ hx 2410	Windows Mobile 2003	Intel 520 MHz	64MB	240x320	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
 HP iPAQ hx 2750	Windows Mobile 2003	Intel 624 MHz	128MB	240x320	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
 HP iPAQ hx 4700	Windows Mobile 2003	Intel 624 MHz	192MB	480x640	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
 HP iPAQ hx 3115	Windows Mobile 2003	Samsung 300 MHz	64MB	240x320	Sim	Não	Sim	Sim	Não

Tabela 8 - PDAs Pocket PC/Windows Móbile (continuação)

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infra-Red	SD	CF
 hx 3715	Windows Mobile 2003	Samsung 400 MHz	64MB	240x320	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
 HP iPAQ rx 1710	Windows Mobile 2003	Samsung 203 MHz	32MB	240x320	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Hewlett-Packard 568	Pocket PC 2002	StrongArm 206 MHZ	64MB	240x320	Não	Não	Sim	Não	Sim
 Maestro PDA 1032	Pocket PC 2002	StrongArm 206 MHZ	32MB	480x640	Não	Não	Sim	Sim	Sim
 Mio 338	Pocket PC 2002	Intel 200 MHz	36 MB	240x320	Não	Não	Sim	Sim	Não

Tabela 9 - PDAs Pocket PC/Windows Móbil (continuação)

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infra-Red	SD	CF
 Toshiba E 310	Pocket PC 2002	StrongArm 206 MHz	32MB	240x320	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Toshiba E 740	Pocket PC 2002	Intel 400 MHz	64MB	240x320	Sim	Não	Sim	Sim	Não
 Toshiba E 800	Pocket PC 2003	Intel 400 MHz	128 MB	480x640	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

Tabela 10 - PDAs Pocket PC/Windows Mobile

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infrared	SD	CF
 Palm Zire	Palm OS 5.2.1	TI OMAP 126 MHz	7,2MB	160x160	Não	Não	Sim	Não	Não
 Palm Zire 31	Palm OS 5.2.8	Intel ARM 200 MHz	16MB	160x160	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Palm Zire 71	Palm OS 5.2.1	TI OMAP 144 MHz	16MB	320x320	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Palm Zire 72	Palm OS 5.2.8	Intel 312 MHz	32MB	320x320	Não	Sim	Sim	Sim	Não
 Palm Tungsten E	Palm OS 5.2.1	TI OMAP 126 MHz	32MB	320x320	Não	Não	Sim	Sim	Não

Tabela 11 - PDAs Palm (continuação)

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infrared	SD	CF
 Palm Tungsten W	Palm OS 4.1.1	DragonBall 33 MHz	16MB	320x320	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Palm Tungsten C	Palm OS 5.2.1	Intel 400MHz	64MB	320x320	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
 Palm T2	Palm OS 5.2.1	TI OMAP 144 MHz	32MB	320x320	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Razrving Treo 90	Palm OS 4.1 H	DragonBall 33 MHz	16MB	160x160	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Treo 270	Palm OS 3.5.2	DragonBall 33 MHz	16MB	160x160	Não	Não	Sim	Sim	Não

Tabela 12 - PDAs Palm (continuação)

Modelo	Sistema Operacional	Processador	Memória	Tela	Wi-Fi	Bluetooth	Infrared	SD	CF
 Treo 600	Palm OS 5.2.1	TI OMAP 144 MHz	32MB	160x160	Não	Não	Sim	Sim	Não
 Sony Ericsson NX73	Palm OS 5.0	Intel ARM 200 MHz	16MB	320x480	Não	Não	Sim	Não	Sim
 Sony Ericsson NZ90	Palm OS 5.0	Intel ARM 200 MHz	16MB	320x480	Não	Sim	Sim	Não	Sim
 Samsung i330	Palm OS 3.5.3	DragonBall 66 MHz	16MB	160x240	Não	Não	Sim	Sim	Não

Tabela 13 - PDAs Palm

4. O Projeto

4.1. Apresentação do Projeto

O sistema, utilizando a tecnologia Wi-Fi em *shopping centers*, é capaz de fornecer serviços baseados na localização dos dispositivos móveis. Para tanto, o projeto foi organizado em três blocos principais:

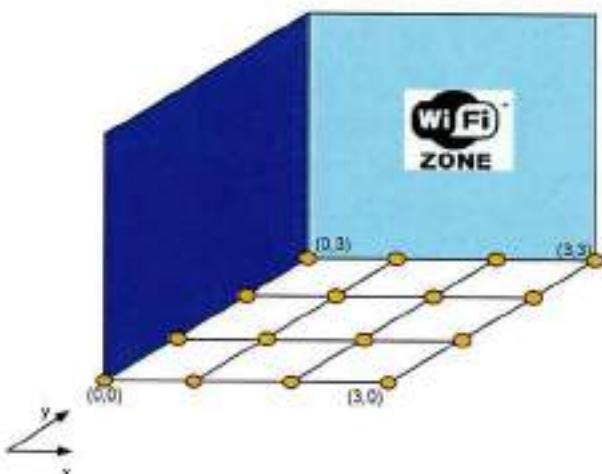
- Localização.
- Sistema Pocket.
- Portal.

4.1.1. Bloco Localização

O bloco **Localização** consiste na implementação do algoritmo de localização bem como das interfaces gráficas e funcionalidades do *handheld*.

Assim, a primeira tarefa foi a implementação do código do algoritmo desenvolvido em testes teóricos. Em seguida, para a realização dos testes de eficácia, foi preciso demarcar alguns pontos de referência no ambiente de testes, onde amostras de sinais de radiofrequência oriundos dos pontos de acesso foram tomados, como ilustrado na Figura 12.

Os pontos foram demarcados, mantendo-se uma distância constante entre eles, em



toda a área considerada. As amostras de sinais irão compor um banco de informações, quando, na fase de localização, a amostra imediata será comparada com as amostras armazenadas, obtendo-se através do algoritmo de localização criado, a localização calculada do aparelho.

Figura 12 - Demarcação de pontos de referência no ambiente de testes

Com a demarcação do ambiente, foi preciso fazer a gravação das potências de sinal recebidas de cada um dos pontos de acesso nos pontos de referência escolhidos em um banco de dados, como ilustrado pela Figura 13.

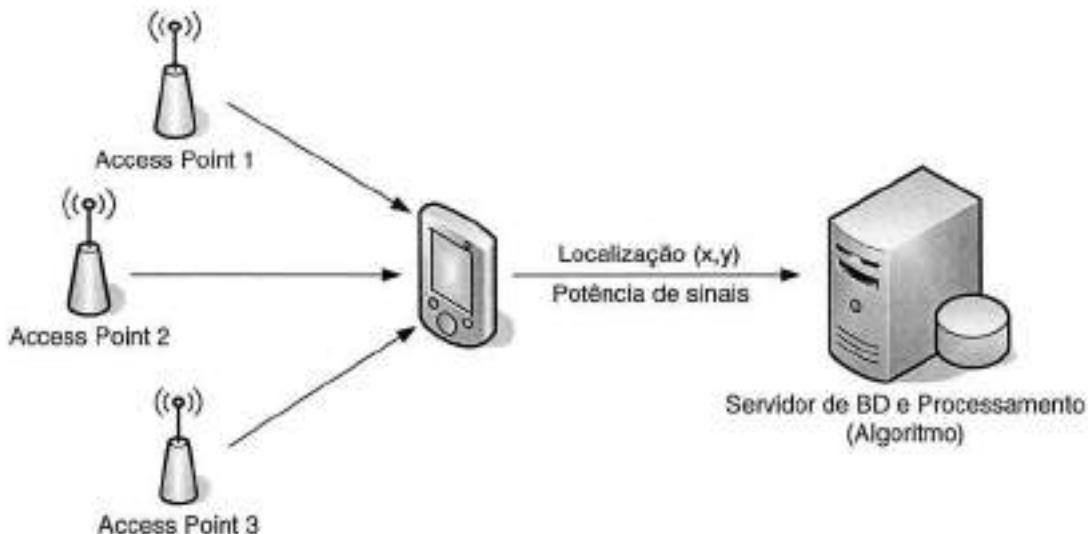


Figura 13 - Inserção de dados de referência para a Localização

Após a demarcação e gravação dos dados de referência, foi preciso desenvolver um aplicativo capaz de captar as potências de sinal, enviá-las ao servidor de processamento, receber a localização e exibi-la na tela do dispositivo, como ilustrado pela Figura 14.

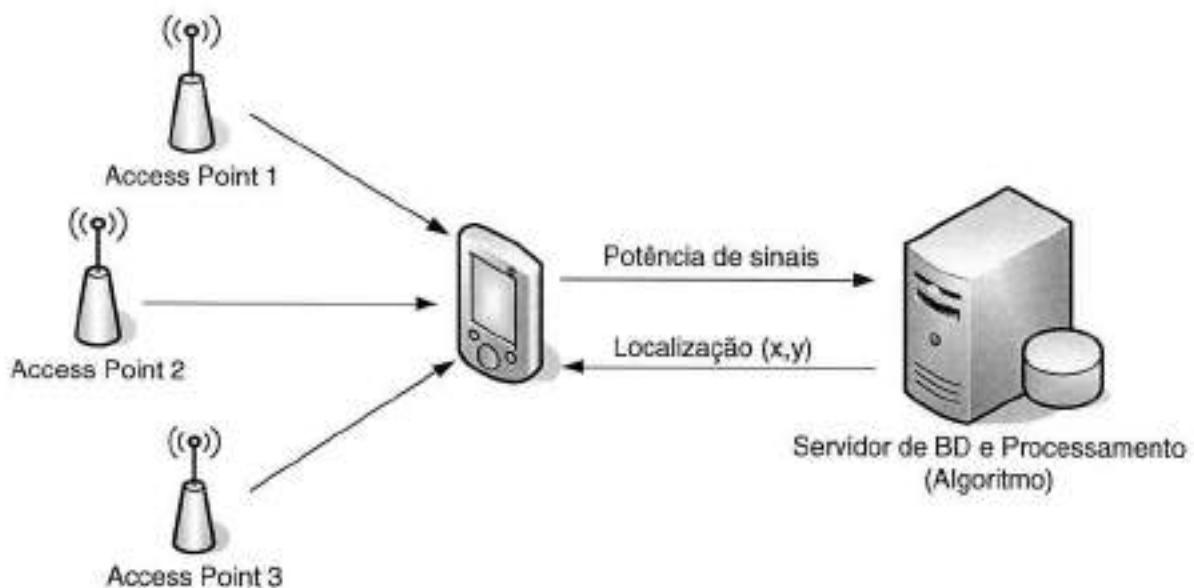


Figura 14 - Cálculo da localização de um dispositivo

Com esse ferramental desenvolvido, foram realizados diversos testes (vide 4.1.1.1) para a verificação da eficácia e eficiência deste bloco, que são representadas pelos erros na determinação da localização dos dispositivos móveis.

4.1.1.1. Resultado dos Testes de Localização

Os testes visaram em primeiro lugar, verificar a veracidade das equações teóricas de decaimento da potência de sinal provenientes dos pontos de acesso, como as discutidas por Seong Ho Lee[25]:

$$d = 10^{(RSSI + 40.0) / -20}, \text{ abaixo de } 8 \text{ m}$$

$$d = (10^{(RSSI + 58.5) / -33}) * 8, \text{ acima de } 8 \text{ m}$$

No entanto, como pode ser observado na Figura 15, foram observadas variações significativas entre os valores esperados e obtidos na prática. Outro fato digno de nota, foi a verificação de que materiais diferentes, como vidro, madeira e concreto, apresentam equações de decaimento distintas, o que invalidou a possibilidade da utilização desta abordagem.

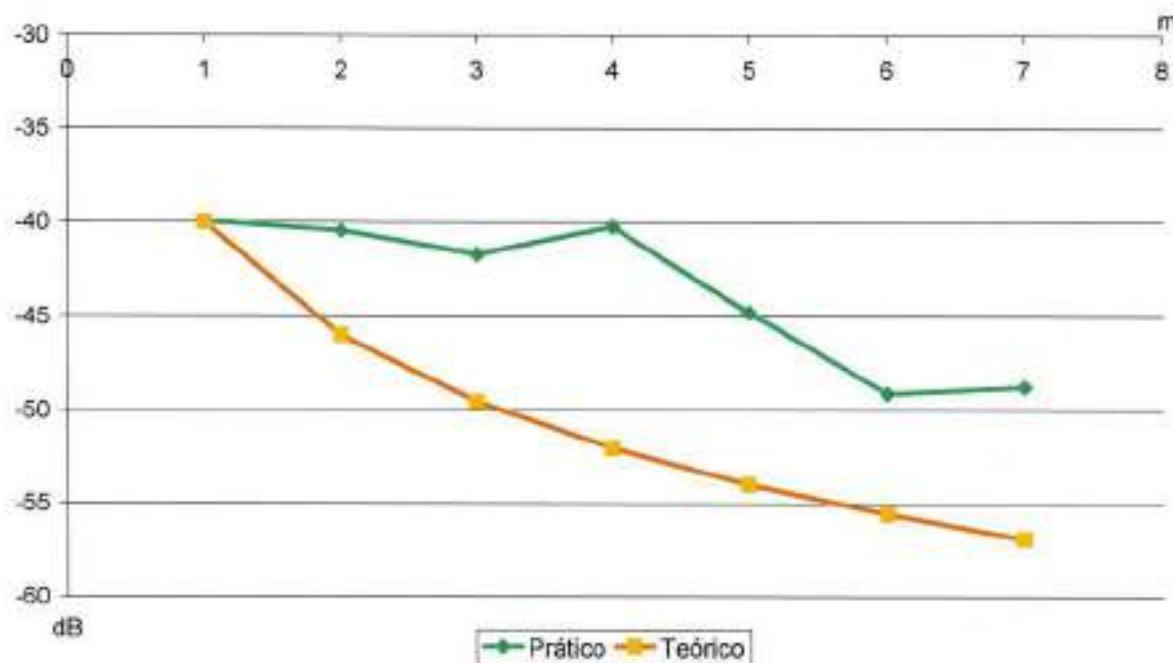


Figura 15 - Decaimento da potência de sinal - Teoria vs Prática

Assim, decidiu-se pela utilização de uma abordagem que faz uso de tratamentos estatísticos dos dados referentes às potências de sinal oriundas dos pontos de acesso. E dessa forma, surgiu a necessidade de se esclarecer as influências de seis dimensões inerentes à essa decisão tomada:

1. Algoritmos – Diferenças entre os métodos implementados

Os algoritmos testados no projeto sofreram refinamentos a cada teste concluído.

Dessa forma, foi necessário fazer uma distinção entre as versões implementadas a fim de se verificar a mais eficiente.

Algoritmo	Erro min (m)	Erro máx (m)	Erro médio (m)
1	0,007	14,291	3,633
2	0,012	10,019	3,489
3	0,005	4,229	1,389

* Obs: Teste realizado mantendo todos os demais parâmetros (distância entre pontos de calibração, número de pontos de calibração e número de medidas por calibração) constantes

Tabela 14 - Resultados - Algoritmos implementados

Através dos dados obtidos (vide Tabela 14), foi possível verificar a influência de cada um dos métodos utilizados, até a obtenção do algoritmo final (Algoritmo 3) apresentado no item 4.4.2.3.

2. Pontos de acesso – Diferenças construtivas

Os pontos de acesso hoje disponíveis apresentam grande variação tanto nas funcionalidades como nos preços de comercialização. Assim, foi preciso verificar a influência destas diferenças no propósito do projeto.

Para tanto, foram utilizados dois modelos de fabricantes distintos:

- 3Com Wireless LAN Access Point 8250
- Foundry IronPoint 200

Foi possível verificar que diferentes modelos de pontos de acesso podem influenciar positiva ou negativamente nos resultados obtidos, como pode ser observado na

Tabela 15.

Ponto de Acesso	Erro min (m)	Erro max (m)	Erro médio (m)
3Com	0	11,482	2,787
Foundry	0,065	13,322	3,821

* Obs: Teste realizado mantendo todos os demais parâmetros constantes

Tabela 15 - Resultados - Pontos de Acesso - Diferenças construtivas

3. Pontos de Acesso – Diferenças na localização física dentro do ambiente

Os pontos de acesso são normalmente dispostos de forma a abranger a maior área de cobertura possível. Assim, foi preciso verificar os impactos oriundos deste fato no propósito do projeto.

Para tanto, foram realizados testes com diferentes disposições físicas dos pontos de acesso relativamente ao ambiente. No entanto, não foi possível verificar uma diferença substancial nos resultados obtidos de forma a atestar uma melhor alternativa de disposição, como pode ser observado na

Tabela 16.

Disposição relativa ao ambiente de testes	Erro min (m)	Erro máx (m)	Erro médio (m)
Linear	0,552	8,129	2,884
Triangular	0	11,482	2,787

* Obs: Teste realizado mantendo todos os demais parâmetros constantes

Tabela 16 - Resultados - Pontos de Acesso - Diferenças na localização física dentro do ambiente

4. PDAs – Diferenças construtivas

Os PDAs, assim como os pontos de acesso, apresentam grande variabilidade nas funcionalidades e preços de comercialização. Assim, para verificar os impactos deste fato no projeto, foram realizados testes com diferentes modelos:

- Dell Axim X50
- HP Ipaq hx4700

PDA	Erro min (m)	Erro máx (m)	Erro médio (m)
Dell Axim X50	0,098	11,658	2,931
HP Ipaq hx4700	0,067	9,576	3,108

* Obs: Teste realizado mantendo todos os demais parâmetros constantes

Tabela 17 - Resultados - PDAs - Diferenças construtivas
Embora os resultados exibidos na

Tabela 17 apresentem pequena variação, foi possível verificar, durante os testes, que existe uma diferença nos resultados.

5. Ambiente – Diferenças construtivas

Os ambientes utilizados podem ser classificados basicamente em duas categorias distintas. A primeira é constituída por ambientes com forte presença de corredores e salas, como edifícios comerciais, por exemplo. Já a segunda pode ser caracterizada pela inexistência de paredes, ou seja, um ambiente amplo que pode ser comparado a pavilhões de exposições.

Assim, como pode ser observado na

Tabela 18, verificou-se que existe forte impacto das diferenças construtivas do ambiente no desempenho do sistema.

Ambiente	Erro min (m)	Erro máx (m)	Erro médio (m)
Corredor	0,067	9,576	3,108
Galpão	0,674	14,627	5,757

* Obs: Teste realizado mantendo todos os demais parâmetros constantes

Tabela 18 - Resultados - Ambiente - Diferenças construtivas

Os resultados foram mais desfavoráveis no caso do galpão devido à pequena variação da potência de sinal em virtude da inexistência de obstáculos físicos, tais como paredes, portas, janelas, etc.

6. Calibração – Diferenças no espaçamento dos pontos de calibração

A distância entre os pontos de referência / calibração representa indiretamente a quantidade de medições prévias necessárias para a utilização do sistema. Assim, foram realizados testes para verificar a influência desta dimensão no propósito do projeto.

Distância de calibração	Erro min (m)	Erro máx (m)	Erro médio (m)
2m	0,065	13,322	3,821
4m	0,067	13,576	3,908

* Obs: Teste realizado mantendo todos os demais parâmetros constantes

Tabela 19 - Resultados - Calibração - Diferenças no espaçamento dos pontos de calibração

Assim, como pode ser observado na

Tabela 19, não foi possível verificar uma diferença substancial nos resultados obtidos.

4.1.2. Sistema *Pocket*

O bloco **Sistema *Pocket*** consiste na implementação de funcionalidades que fazem uso das informações fornecidas pelo bloco Localização (vide 4.1.1). Tais funcionalidades são:

- Mapa Interativo.
- Mecanismos de busca.
- Mensagens Instantâneas.
- Slide Show de Ofertas.

4.1.2.1. Mapa Interativo

Fornecimento da localização atual do dispositivo móvel em um mapa de duas dimensões. Um ponto de destaque deve acompanhar os movimentos do dispositivo e exibi-los instantaneamente na tela do PDA.

Além disso, o mapa interativo deve permitir a visualização destacada de objetos retornados pelos mecanismos de busca, simultaneamente com a posição atual do dispositivo. O mapa também exibe a localização de pessoas que utilizam a ferramenta de mensagens instantâneas.

4.1.2.2. Mecanismos de Busca

Fornecimento de informações relacionadas a palavras-chave e caracteres fornecidos. Os mecanismos de busca retornam informações referentes às lojas e ramos de atividade destas.

4.1.2.3. Mensagens Instantâneas

Ferramenta de troca de mensagens de texto entre usuários cadastrados no sistema. Cada usuário possui uma lista de contatos para os quais pode enviar e receber mensagens. Tal lista pode ser aumentada ou reduzida conforme o desejo do usuário.

Além disso, esta funcionalidade deve permitir que os usuários enviem suas posições atuais para quaisquer membros de sua respectiva lista de contatos [21].

A ferramenta de mensagens instantâneas conta também com diferentes estados de usuário, ou seja, podem-se escolher opções como: ocupado, no cinema, on-line, etc.

4.1.2.4. *Slide Show* de Ofertas

Apresentação de ofertas no formato *slide show* de acordo com a localização do dispositivo Wi-Fi.

4.1.3. Portal

O bloco **Portal** consiste na implementação de um sistema *web* capaz de alimentar o banco de dados que fornece o conteúdo a ser exibido pelo bloco **Sistema Pocket** (vide 4.4.3).

4.2. Requisitos

Neste item serão apresentados os requisitos do projeto.

4.2.1. Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais aqui relacionados estabelecem um conjunto de condições a serem contempladas pelo projeto.

- 1) Oferecer serviços direcionados baseados na localização dos usuários;
- 2) Disponibilizar um mapa interativo que informe o local atual e o local de destino desejado;
- 3) Permitir a localização de pessoas e/ou objetos que se deseje rastrear;

- 4) Possibilitar a utilização das informações de localização dos usuários;
- 5) Permitir a divulgação de informações de modo rápido e preciso baseado na localização dos usuários;
- 6) Concentrar todas as informações referentes aos serviços oferecidos aos usuários em um único ponto de visualização;
- 7) Permitir diferenciação entre os tipos de usuários através de perfis;
- 8) Possibilitar cadastro de usuários e o seu gerenciamento;
- 9) Garantir a autenticidade das informações enviadas e recebidas pelos usuários;
- 10) Permitir a troca de mensagens entre dois ou mais usuários.

4.2.2. Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais apresentados neste item, referem-se às qualidades do projeto. O atendimento destes requisitos afeta diretamente a qualidade dos produtos do projeto.

4.2.2.1. Usabilidade

Tendo em mente que as principais características particulares das redes *wireless* são:

- Alta variação da banda disponível;
- Grande latência;
- Desconexões imprevisíveis.

E que as principais características dos dispositivos móveis são:

- Tamanho reduzido e baixa resolução dos *displays*;
- Limitação na capacidade de recepção de dados;

- Tamanho de memória reduzido;
- Funcionamento dependente da autonomia da bateria;

Podemos definir os seguintes requisitos:

- 1) Prover uma interface de usuário simples e amigável;
- 2) Prover informações bem limitadas e bem especificadas para o usuário;
- 3) Garantir o menor tempo de resposta, sendo que o limite máximo é de 5 segundos.

4.2.2.2. Confiabilidade

A confiabilidade denota as características do projeto em se comportar de forma consistente e aceitável. Para tanto foram definidos os seguintes requisitos:

- 1) Garantir a integridade dos dados trafegados pela solução;
- 2) A taxa de erros nos bits recebidos e transmitidos deve ficar na faixa de 10^{-6} a 10^{-4} .

4.2.2.3. Disponibilidade

A disponibilidade dá a característica do projeto de permanecer ativo e com todas as suas funcionalidades durante um determinado período de tempo. Assim, podemos definir:

- 1) Garantir a disponibilidade do sistema em 99% do tempo.

4.2.2.4. Segurança (*Security*)

Para garantir a segurança dos usuários e seus dados trafegados, quando da utilização do sistema, foram definidos os seguintes requisitos:

- 1) Proteger os dados cadastrais.

- 2) Garantir um canal seguro para troca de informações.
- 3) Limitar o acesso aos dados cadastrais ao perfil de administrador do sistema.

4.2.2.5. Privacidade

A privacidade é um problema crítico nesse tipo de tecnologia. As políticas de privacidade precisam ser claras e os usuários do sistema devem ter plena consciência e concordarem com as mesmas para poderem utilizar o sistema.

Os principais requisitos são:

- 1) Garantir a privacidade das informações, que coletará sobre os usuários, através de armazenamento criptografado;
- 2) Não monitorar nem tão pouco armazenar as mensagens trocadas por dois ou mais usuários;
- 3) Possibilitar aos usuários a especificação e alteração do tipo de informação que desejam receber a qualquer momento.

4.2.2.6. Infra-Estrutura

A infra-estrutura é ponto fundamental para o correto funcionamento de todo o projeto. Assim são definimos os requisitos:

- 1) As falhas de *software* serão tratadas com a utilização de *backup*.
- 2) Cobrir a maior parte do ambiente em que o sistema será implantado.
- 3) Garantir a precisão do algoritmo de localização, respeitando-se os custos e a viabilidade do projeto.

- 4) Estabelecer prioridades para a troca de informações priorizando serviços emergenciais.
- 5) Permitir localização de um grande número de dispositivos móveis ao mesmo tempo.
- 6) Minimizar o tráfego na rede.

4.2.2.7. Manutenibilidade

Para garantir um projeto de fácil e rápida manutenção, definimos:

- 1) Garantir a facilidade na detecção de problemas e na manutenção de *software* bem como de *hardware*;
- 2) Garantir a facilidade da administração do sistema.

4.2.2.8. Portabilidade

Compreendendo portabilidade como a capacidade do projeto de funcionar corretamente em diferentes arquiteturas de sistemas computacionais, podemos definir:

- 1) Garantir a portabilidade do sistema quanto aos sistemas operacionais disponíveis;
- 2) Garantir que o sistema funcione em diversas plataformas de *hardware*.

4.2.2.9. Escalabilidade

Compreendendo escalabilidade como a capacidade de um sistema ou solução em aumentar sua capacidade sem perder os investimentos ou recursos já existentes, podemos definir:

- 1) Garantir que o sistema seja expansível tanto em relação ao *hardware* quanto em relação à área de cobertura;
- 2) Garantir que o sistema comporte um acréscimo na quantidade de informações contidas no sistema.

4.2.2.10. Desempenho

Tendo como medida de desempenho o tempo de resposta do sistema, podemos definir como requisito de desempenho:

- 1) Garantir que a resposta do sistema sempre esteja dentro do tempo de resposta especificado, independentemente do porte corrente do sistema.

4.3. Escopo

Neste item, determinamos as funcionalidades e os casos de uso do sistema.

4.3.1. Funcionalidades

Neste item especificamos as principais funcionalidades do projeto.

Determinação da posição geográfica do dispositivo móvel

- Esta é, sem dúvida, a mais importante de todas as funcionalidades do sistema, e é utilizando esta funcionalidade que o sistema é capaz de fornecer uma série de serviços personalizados aos seus usuários.

Disponibilização de um mapa interativo

- Esta funcionalidade permite que um usuário visualize sua posição atual dentro do ambiente coberto pela rede Wi-Fi. Além disso, é possível selecionar locais de destino que são destacados no mapa.

Permitir a divulgação de informações de modo rápido e preciso

- Esta funcionalidade permitirá o envio de promoções, catálogos, menus de restaurantes e muitos outros tipos de informações de modo personalizado aos usuários.

Busca de informações e serviços específicos

- O sistema disponibilizará um portal de acesso a todas às informações e serviços que o shopping desejar para consulta. Neste portal, o usuário do sistema será capaz de fazer pesquisas sobre lojas, pesquisas sobre produtos e pesquisas sobre serviços.

Troca de mensagens

- O sistema permitirá que alguns dispositivos móveis troquem informações entre si. Os usuários poderão cadastrar uma lista de amigos, que serão avisados quando um determinado amigo estiver por perto.

Cadastro e gerenciamento de usuários

- O sistema apenas poderá ser utilizado por pessoas que forem previamente cadastradas e concordarem em instalar o sistema em seus dispositivos móveis.

4.3.2. Casos de Uso

Com base nas funcionalidades listadas no item 4.3.1, chegou-se aos seguintes casos de uso:

Caso de uso I: Pesquisa de Lojas

Descrição: Este caso de uso descreve a pesquisa de lojas que atendem às condições de busca escolhidas.

Evento Iniciador: Solicitação de pesquisa de lojas.

Atores: Cliente.

Pré-condição: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel. Sistema exibindo a tela inicial.

Seqüência de Eventos:

1. Cliente seleciona opção “Pesquisa de Lojas” e solicita a pesquisa.
2. Sistema exibe a página de pesquisa contendo os campos de filtro: “Nome da loja” e “Área de atuação”.
3. Cliente preenche os campos de pesquisa.
4. Cliente aciona o botão “Pesquisar”.
5. Sistema obtém a lista das lojas que atendam à união das especificações preenchidas no item 3.
6. Sistema mostra na tela a lista juntamente com as opções de localizar cada loja individualmente (Botão “Localizar”) e navegar em seu portal (Botão “Navegar”).

Pós-condição: Lojas que atendem às condições da pesquisa mostradas na tela.

Extensão:

1. Dados da pesquisa não correspondem a nenhuma loja (passo 5). Sistema mostra mensagem “Nenhuma loja foi encontrada” e retorna para tela de pesquisa.
2. No momento da pesquisa, o sistema detecta algum erro no banco de dados (Passo 5): Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A pesquisa não pode ser concluída.” e retorna para tela de pesquisa.
3. Cliente seleciona opção “Localizar” (passo 6). Sistema executa o Caso de Uso 2: Localiza Lojas.
4. Cliente seleciona opção “Navegar” (passo 6). Sistema executa o Caso de Uso 5: Acessa Site de Loja no Portal

Inclusão: Nenhuma

Caso de uso 2: Localiza Lojas

Descrição: Este caso de uso descreve o processo de localização física de uma loja.

Evento Iniciador: Solicitação de localização de uma loja.

Atores: Cliente.

Pré-condição 1: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel. Sistema exibindo a tela com os resultados da pesquisa de lojas.

Seqüência de Eventos 1:

1. Cliente seleciona opção “Localização de Lojas” e solicita a localização.
2. Sistema executa o caso de uso 1: Pesquisa Loja.
3. Cliente seleciona opção “Localizar”.
4. Sistema exibe um mapa destacando a localização atual do cliente e a localização da loja.

Pré-condição 2: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel. Sistema exibindo a tela com os resultados da pesquisa de lojas.

Seqüência de Eventos 2:

1. Cliente seleciona opção “Localizar”.
2. Sistema exibe um mapa destacando a localização atual do cliente e a localização da loja.

Extensão:

1. No momento da pesquisa o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 4 da seqüência de eventos 1 e passo 2 da seqüência de eventos 2): Sistema mostra a mensagem “Erro no banco de dados. A localização não foi concluída.” e retorna para a tela inicial.

Pós-condição: Localização da loja exibida na tela através de um mapa.

Inclusão: Caso de uso 1: Pesquisa de Lojas.

Caso de uso 3: Manipulação de Cadastro de Usuário

Caso de uso 3.1: Inclusão de Usuário

Descrição: Este caso de uso descreve a Inclusão de um novo usuário no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de Inclusão de usuário.

Atores: Administrador, Lojista, Cliente.

Pré-condição 1: Sistema exibindo a tela de login no dispositivo móvel.

Seqüência de Eventos 1:

1. Cliente seleciona opção “Cadastre-se” solicitando a inserção.
2. Sistema apresenta a página de cadastro de clientes em branco com os seguintes campos: Nome, Sexo, Data de Nascimento, Login, Senha, Confirmar Senha, Endereço, Complemento de Endereço, Número, Cidade, Telefone, E-mail, RG e CPF.
3. Cliente preenche os campos e seleciona “Avançar”.
4. Sistema verifica que os campos obrigatórios estão preenchidos e submete o formulário.
5. Sistema verifica que o usuário não existe no banco de dados.
6. Sistema exibe os termos de aceitação do serviço.
7. Cliente assina eletronicamente os termos.
8. Sistema inclui no banco de dados o novo usuário.
9. Sistema apresenta mensagem “Cadastro realizado com sucesso”.

Pré-condição 2: Lojista cadastrado e logado no sistema. Sistema exibindo a tela inicial do lojista.

Seqüência de Eventos 2:

1. Lojista seleciona opção do menu “Novo Usuário” solicitando a inserção.
2. Sistema verifica qual a loja cadastrada no banco de dados para este lojista.
3. Sistema apresenta a página de cadastro de usuários com os seguintes campos: Nome, Sexo, Data de Nascimento, Perfil, Login, Senha, Confirmar Senha, Endereço, Complemento de Endereço, Número, Cidade, CEP, Telefone, E-mail, RG e CPF.
4. Sistema preenche o campo perfil com o valor “Funcionário” e o campo loja com a loja cadastrada para o lojista.
5. Lojista preenche os campos restantes e seleciona “OK”.

6. Sistema verifica que os campos obrigatórios estão preenchidos e submete o formulário.
7. Sistema verifica que o funcionário não existe no banco de dados.
8. Sistema inclui no banco de dados o novo funcionário.
9. Sistema apresenta mensagem “Cadastro realizado com sucesso”.

Pré-condição 3: Administrador cadastrado e logado no sistema. Sistema exibindo a tela inicial do administrador.

Seqüência de Eventos 3:

1. Administrador seleciona opção no menu “Novo Usuário” solicitando a inserção.
2. Sistema verifica qual o perfil de quem está solicitando o cadastro.
3. Sistema apresenta a página de cadastro de usuários com os seguintes campos: Nome, Sexo, Data de Nascimento, Perfil, Login, Senha, Confirmar Senha, Endereço, Complemento de Endereço, Número, Cidade, CEP, Telefone, E-mail, RG e CPF.
4. Administrador preenche todos os campos necessários e seleciona “OK”.
5. Sistema verifica que os campos obrigatórios estão preenchidos e submete o formulário.
6. Sistema verifica que o usuário não existe no banco de dados.
7. Sistema inclui no banco de dados o novo usuário.
8. Sistema apresenta mensagem “Cadastro realizado com sucesso”.

Pós-condição: Usuário incluído no sistema.

Extensão:

1. Campo obrigatório não preenchido (passos 4, 6 e 5, respectivamente). O sistema retorna para o campo a ser preenchido e mostra a mensagem “O campo é de preenchimento obrigatório”.

2. Usuário já foi cadastrado previamente (passo 5, 7 e 6, respectivamente). O sistema mostra a mensagem “O usuário já foi cadastrado no sistema.” e retorna para a tela anterior.
3. No momento da inclusão o sistema detecta algum erro no banco de dados (Passo 8): Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A inclusão não pode ser concluída.” e retorna para tela anterior.

Inclusão: Nenhuma

Caso de uso 3.2: Consulta de Usuário

Descrição: Este caso de uso descreve a consulta de um usuário do sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de consulta de um usuário.

Atores: Administrador.

Pré-condição: Usuário autenticado como “Administrador”. Sistema exibindo a tela inicial do administrador.

Seqüência de Eventos:

1. Usuário seleciona opção do menu “Cadastro de Usuários” solicitando a consulta.
2. Sistema apresenta uma página com campos de busca como “Nome” e “Login”.
3. Administrador preenche os campos desejados e seleciona “Consultar”.
4. Sistema obtém a lista dos cadastros que atendem à união das especificações.
5. Sistema exibe as informações cadastrais na tela juntamente com as opções de excluir (Botão “Excluir”) e de alterar (Botão “Alterar”) os dados cadastrais.

Pós-condição: Os dados cadastrais são exibidos na tela.

Extensão:

1. No momento da consulta o sistema detecta algum erro no banco de dados (Passo 4): Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A consulta não pode ser concluída.” e retorna para tela anterior.
2. Usuário seleciona Excluir (passo 5). O sistema executa o caso de uso 3.4: Exclusão de Usuário.
3. Usuário seleciona Alterar (passo 5). O sistema executa o caso de uso 3.3: Alteração de Usuário.

Inclusão: Nenhuma

Caso de uso 3.3: Alteração de Usuário

Descrição: Este caso de uso descreve a Alteração de um cadastro de um usuário pré-existente no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de Alteração de usuário.

Atores: Administrador, Lojista, Funcionário e Cliente.

Pré-condição: Usuário autenticado no sistema. Sistema exibindo a tela com os resultados da pesquisa de um usuário.

Seqüência de Eventos:

1. Usuário seleciona opção “Alterar”, solicitando a alteração dos dados cadastrados.
2. Usuário faz as alterações nos campos desejados e seleciona opção “Salvar”.
3. Sistema verifica consistência dos campos preenchidos.
4. Sistema atualiza no banco de dados as informações do usuário.
5. Sistema apresenta mensagem “Usuário Alterado com Sucesso”.

Pós-condição: As informações cadastrais do usuário estão atualizadas.

Extensão:

1. Campo obrigatório não preenchido (Passo 3). O sistema retorna para o campo a ser preenchido e mostra a mensagem "O campo é de preenchimento obrigatório".
2. No momento da alteração o sistema detecta algum erro no banco de dados (Passo 4): Sistema mostra mensagem "Erro no banco de dados. A alteração não pode ser concluída." e retorna para tela anterior.

Inclusão: Nenhuma***Caso de uso 3.4: Exclusão de Usuário***

Descrição: Este caso de uso descreve a Exclusão de um usuário do sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de Exclusão de um usuário.

Atores: Administrador do sistema.

Pré-condição: Usuário autenticado como "Administrador". Sistema exibindo a tela com os resultados da pesquisa de um usuário.

Seqüência de Eventos:

1. Usuário seleciona opção "Excluir" solicitando a exclusão de um usuário previamente pesquisado.
2. Sistema apresenta mensagem "Usuário será excluído do sistema. Prosseguir?".
3. Usuário seleciona "OK" para confirmar a exclusão.
4. Sistema exclui do banco de dados o usuário selecionado.
5. Sistema apresenta mensagem "Usuário excluído com sucesso".

Pós-condição: O cadastro do usuário está removido.

Extensão:

1. No momento da exclusão o sistema detecta algum erro no banco de dados (Passo 4): Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A exclusão não pode ser concluída.” e retorna para tela anterior.

Inclusão: Nenhuma

Caso de uso 4: Login

Descrição: Este caso de uso descreve a entrada de um usuário no sistema (*login*).

Evento Iniciador: Solicitação de entrada de um usuário no sistema.

Atores: Administrador, Lojista, Funcionário e Cliente.

Pré-condição: Sistema exibindo a tela de login.

Seqüência de Eventos:

1. Usuário preenche campos Nome de Usuário e Senha.
2. Usuário seleciona “OK” para confirmar a entrada.
3. Sistema verifica que os campos obrigatórios estão preenchidos e submete o formulário.
4. Sistema verifica o perfil de acesso do usuário e cria uma nova sessão .
5. Sistema carrega página inicial e monta menu de acordo com o perfil de acesso.

Pós-condição: O usuário do sistema direcionado para página inicial do sistema e menu montado de acordo co o perfil de acesso.

Extensão:

1. Campo obrigatório não preenchido (passo 3). O sistema retorna para o campo a ser preenchido e mostra a mensagem “O campo é de preenchimento obrigatório”.

2. No momento da entrada o sistema detecta algum erro no banco de dados (Passo 3):
Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A entrada não pode ser concluída.” e retorna para tela anterior.

Inclusão: Nenhuma

Caso de uso 5: Logout

Descrição: Este caso de uso descreve a saída de um usuário no sistema (*logout*).

Evento Iniciador: Solicitação de saída de um usuário no sistema.

Atores: Administrador, Lojista, Funcionário e Cliente.

Pré-condição: Usuário logado no sistema.

Seqüência de Eventos:

1. Usuário seleciona “Sair” para confirmar a saída do sistema.
2. Sistema exibe tela solicitando confirmação de saída.
3. Usuário confirma a saída.
4. Sistema fecha a sessão do usuário e fecha o browser.

Pós-condição: O usuário do sistema direcionado para página de login do sistema.

Extensão:

1. No momento da saída o sistema detecta algum erro na sessão do usuário (Passo 4):
Sistema registra o erro e fecha o browser.

Inclusão: Nenhuma

Caso de uso 6: Visualização de Propagandas

Descrição: Este caso de uso descreve a visualização de propagandas oferecidas pelos lojistas.

Evento Iniciador: Solicitação de visualização de propagandas.

Atores: Cliente.

Pré-condição: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel.

Seqüência de Eventos:

1. Cliente seleciona opção “Página Inicial” solicitando a visualização de propagandas.
2. Sistema obtém a lista de todas as propagandas que deverão ser exibidas.
3. Sistema exibe a primeira propaganda da lista e dispara um temporizador.
4. Sistema verifica que o temporizador alcançou 5 segundos e mostra a próxima propaganda da lista.

Pós-condição: Propaganda exibida na tela.

Extensão:

1. No momento da pesquisa o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 2):
Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A lista de Propagandas não pode ser montada.” e retorna para tela anterior.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 7: Pesquisa Produtos no Site da Loja

Descrição: Este caso de uso descreve a pesquisa de produtos cadastrados no site de uma loja.

Evento Iniciador: Solicitação de pesquisa de produtos no site da loja.

Atores: Cliente.

Pré-condição: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel. Sistema exibindo a página de pesquisa de produtos.

Seqüência de Eventos:

1. Cliente preenche o campo de pesquisa com a(s) palavra(s) desejada(s) e seleciona opção “Pesquisar”.
2. Sistema obtém a lista de todos os itens cadastrados no banco que atendam a solicitação.
3. Sistema exibe uma página listando todos os itens obtidos.

Pós-condição: Tela exibindo a listagem dos resultados obtidos.

Extensão:

1. No momento da pesquisa o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 2):
Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. Pesquisa não concluída.” e retorna para tela anterior.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 8: Manipulação de Cadastro de Contatos

Caso de uso 8.1: Inclui Contatos

Descrição: Este caso de uso descreve a inclusão de um contato na lista pessoal de contatos de um cliente.

Evento Iniciador: Solicitação de inclusão de contato.

Atores: Cliente.

Pré-condição: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel. Sistema exibindo a tela com os resultados da pesquisa de clientes cadastrados no sistema.

Seqüência de Eventos:

1. Cliente seleciona opção “Incluir” solicitando a inclusão de um novo cliente em sua lista.
2. Sistema verifica que o cliente ainda não está cadastrado na lista de contatos.
3. Sistema inclui no banco de dados o novo cliente.
4. Sistema apresenta mensagem informando a inclusão bem sucedida do cliente.
5. Sistema fecha a lista de contatos que estava sendo exibida e a recarrega com a atualização feita.

Pós-condição: Novo contato inserido na lista de contatos.

Extensão:

1. Cliente já foi cadastrado previamente (passo 2). O sistema mostra a mensagem “O usuário já está cadastrado em sua lista.” e retorna para a tela anterior.
2. No momento da inclusão o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 3): Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A inclusão não pode ser concluída.” e retorna para tela anterior.

Inclusão: Nenhuma

Caso de uso 8.2: Procura Contatos

Descrição: Este caso de uso descreve como um cliente pode procurar contatos que também estejam cadastrados no sistema para posteriormente incluí-los em sua lista de contatos.

Evento Iniciador: Solicitação de procura de clientes cadastrados.

Atores: Cliente.

Pré-condição: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel. Sistema exibindo a tela principal.

Seqüência de Eventos:

1. Cliente seleciona opção “Procurar Contatos” solicitando a consulta.
2. Sistema apresenta uma página com o campo “Nome de Usuário”.
3. Cliente preenche o campo e seleciona “Procurar”.
4. Sistema busca os nomes que atendam ao critério da pesquisa.
5. Sistema exibe a lista de clientes encontrados juntamente com as opções de Inclusão na lista de contatos (Botão “Adicionar”) e Cancelar (Botão “Cancelar”).

Pós-condição: Os dados da pesquisa são exibidos na tela.

Extensão:

1. No momento da consulta o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 4): Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A consulta não pode ser concluída.” e retorna para tela anterior.
2. Cliente seleciona opção “Solicitar inclusão” (passo 5). O sistema executa o caso de uso 8.1: Inclui Contatos.

Inclusão: Nenhuma

Caso de uso 8.3: Exclui Contatos

Descrição: Este caso de uso descreve a exclusão de um contato da lista de contatos.

Evento Iniciador: Solicitação de Exclusão de um contato.

Atores: Cliente.

Pré-condição: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel. Sistema exibindo a tela com a lista de clientes “contatos” cadastrados.

Seqüência de Eventos:

1. Cliente seleciona o contato e seleciona opção “Excluir” solicitando a exclusão de um contato.
2. O sistema apresenta mensagem pedindo a confirmação da exclusão da lista.
3. Cliente seleciona “OK” para confirmar a exclusão.
4. O sistema exclui o cliente da lista de contatos.
5. O sistema apresenta mensagem informando a exclusão bem sucedida do cliente.

Pós-condição: Cliente removido da lista de contatos.

Extensão:

1. No momento da exclusão o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 4): Sistema mostra mensagem “Erro no banco de dados. A exclusão não pode ser concluída.” e retorna para tela anterior.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 9: Envia Mensagens para um Contato

Descrição: Este caso de uso descreve o envio de uma mensagem para um contato logado no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de envio de mensagem para um contato.

Atores: Clientes.

Pré-condição: Cliente cadastrado e logado no dispositivo móvel, cliente “contato” cadastrado, logado no dispositivo móvel e incluído na lista de contatos do cliente.

Seqüência de Eventos:

1. Cliente escolhe o contato logado e seleciona “Enviar Mensagem”.
2. Sistema exibe tela com campo para redigir a mensagem a ser enviada.
3. Cliente redige a mensagem e seleciona “Enviar”.
4. Sistema exibe mensagem “Mensagem Enviada com Sucesso”.

Pós-condição: Cliente “Contato” recebe a mensagem.

Extensão:

1. No momento do envio o sistema detecta algum erro no banco de dados (Passo 4):
Sistema mostra a mensagem: “Erro no banco de dados. A mensagem não pôde ser enviada.” e retorna para a tela anterior.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 10: Altera Estado de Visibilidade

Descrição: Este caso de uso descreve a alteração do estado de visibilidade de um cliente logado no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de alteração de estado de visibilidade.

Atores: Cliente.

Pré-condição: Cliente logado no dispositivo móvel e sistema exibindo tela do *FriendFinder*.

Seqüência de Eventos:

1. Cliente seleciona “Alteração de Estado”.
2. Sistema exibe possíveis opções de estado.
3. Cliente seleciona novo estado desejado.

4. Cliente seleciona “OK”.

Pós-condição: O novo estado de visibilidade do cliente é o selecionado.

Extensão:

1. No momento do envio o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 4):
Sistema mostra a mensagem: “Erro no banco de dados. O estado não pode ser alterado.”.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 11: Manipulação dos Pontos de Calibração do Sistema Localizador

Caso de uso 11.1: Inserção de um Ponto de Calibração

Descrição: Este caso de uso descreve a inserção de um ponto de calibração no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de inserção de ponto de calibração.

Atores: Administrador.

Pré-condição: Administrador logado no Sistema de Calibração.

Seqüência de Eventos:

1. Sistema mostra tela com os campos de posição “X”, “Y” e “Z” a serem preenchidos, mostra campos preenchidos automaticamente, não disponíveis para alteração, mostrando os *pontos de acesso* disponíveis e o *signal strength* de cada um, e o botão “OK”.
2. Administrador preenche os campos de posição e seleciona “OK”.
3. Sistema mostra mensagem “Ponto de calibração inserido com sucesso.”.

Pós-condição: Novo ponto de calibração disponível no sistema de calibração.

Extensão:

1. No momento do envio o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 3):
Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. O ponto não pode ser inserido.", voltando para a tela anterior.
2. Ao selecionar "OK", o Sistema detecta que um ou mais campos foram preenchidos incorretamente (passo 3): Sistema mostra a mensagem: "Campo preenchido incorretamente.", e o cursor vai para o (primeiro) campo preenchido incorretamente.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 11.2: Visualização de todos os Pontos de Calibração

Descrição: Este caso de uso descreve a visualização de todos os pontos de calibração do Sistema de Calibração.

Evento Iniciador: Solicitação de visualização dos pontos de calibração.

Atores: Administrador.

Pré-condição: Administrador logado no Sistema de Calibração.

Seqüência de Eventos:

1. Administrador seleciona opção "Visualizar pontos de Calibração".
2. Sistema busca as informações gravadas no banco de dados.
3. Sistema mostra tela todos os pontos com os campos de posição "X", "Y" e "Z", os *pontos de acesso* disponíveis e o *signal strength* de cada um. Ao lado de cada um existe a opção "Excluir", no fim da lista existe o botão "OK".

4. Administrador seleciona "OK".

Pós-condição: Pontos de calibração disponíveis na tela.

Extensão:

1. No momento da visualização o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 3): Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. A Visualização não pode ser feita.", voltando para a tela anterior.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 11.3: Exclusão de Ponto de Calibração

Descrição: Este caso de uso descreve a exclusão de um determinado ponto de calibração do Sistema de Calibração.

Evento Iniciador: Solicitação de exclusão de um determinado ponto de calibração.

Atores: Administrador.

Pré-condição: Administrador logado no Sistema de Calibração, exibindo a tela de visualização dos pontos de calibração.

Seqüência de Eventos:

1. Na tela de visualização dos pontos cadastrados, administrador escolhe o ponto a ser removido e seleciona a opção "Excluir".
2. Sistema solicita a confirmação de exclusão mostrando a mensagem "Tem certeza que deseja excluir esse ponto?".
3. Administrador confirma a exclusão.

4. Sistema mostra a mensagem “Ponto excluído com sucesso.” e recarrega a tela que mostra todos os pontos de calibração disponíveis.

Pós-condição: Ponto de calibração excluído.

Extensão:

1. No momento da exclusão o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 4): Sistema mostra a mensagem: “Erro no banco de dados. A exclusão não pode ser feita.”.
2. Administrador não confirma a exclusão do ponto de calibração (passo 3). Sistema cancela a exclusão e retorna para a tela de visualização dos pontos de calibração.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 12: Manipulação do Cadastro de Lojas

Caso de uso 12.1: Inserção de Nova Loja

Descrição: Este caso de uso descreve a inclusão de uma nova loja no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de inserção de nova loja no sistema.

Atores: Administrador.

Pré-condição: Administrador cadastrado e logado no sistema.

Seqüência de Eventos:

1. Administrador seleciona opção do menu “Lojas”.
2. Sistema mostra nova tela com as opções de manipulação disponíveis.
3. Administrador seleciona “Cadastrar Nova Loja”.

4. Sistema mostra tela com campos a serem preenchidos pelo administrador, tais como, nome, site oficial, contato, telefone, site interno, etc.
5. Administrador preenche os campos necessários e seleciona "OK".
6. Sistema exibe mensagem: "Nova loja cadastrada com sucesso!"

Pós-condição: Nova loja cadastrada no sistema.

Extensão:

1. No momento da inserção o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 6): Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. A inserção não pode ser feita.".
2. Ao selecionar "OK", o Sistema detecta que um ou mais campos foram preenchidos incorretamente (passo 5): Sistema mostra a mensagem: "Campo preenchido incorretamente.", e posiciona o cursor no primeiro campo preenchido incorretamente.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 12.2: Visualização de todas as lojas

Descrição: Este caso de uso descreve a visualização de todos as lojas cadastradas no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de visualização das lojas cadastradas no sistema.

Atores: Administrador.

Pré-condição: Administrador logado no sistema, exibindo a tela com as opções de manipulação de lojas.

Seqüência de Eventos:

1. Administrador seleciona a opção do menu "Cadastro de Lojas".

2. Sistema busca todas as lojas cadastradas.
3. Sistema mostra na tela todas as lojas cadastradas no sistema. Ao lado de cada um existe a opção “Excluir”, no fim da lista existe o botão “OK”.
4. Administrador seleciona “OK”.

Pós-condição: Lojas cadastradas disponíveis na tela.

Extensão:

1. No momento da visualização o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 3): Sistema mostra a mensagem: “Erro no banco de dados. A Visualização não pode ser feita.”, voltando para a tela anterior.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 12.3: Alteração de dados de uma loja

Descrição: Este caso de uso descreve a alteração de uma loja no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de alteração de uma loja no sistema.

Atores: Administrador.

Pré-condição: Administrador cadastrado e logado no sistema e loja cadastrada no sistema, exibindo tela de visualização de lojas cadastradas.

Seqüência de Eventos:

1. Administrador escolhe a loja e seleciona “Alterar Dados da Loja”.
2. Sistema busca no banco de dados as informações cadastrais da loja.
3. Sistema mostra tela com os campos já preenchidos disponíveis para alteração.
4. Administrador altera os campos necessários e seleciona “OK”.

5. Sistema exibe mensagem: "Dados da loja alterados com sucesso!"

Pós-condição: Dados da loja alterados no sistema.

Extensão:

1. No momento da alteração o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 5):
Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. A alteração não pôde ser feita.".
2. Ao selecionar "OK", o Sistema detecta que um ou mais campos foram preenchidos incorretamente (passo 4): Sistema mostra a mensagem: "Campo preenchido incorretamente.", e o cursor vai para o (primeiro) campo preenchido incorretamente.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 12.4: Exclusão de uma loja

Descrição: Este caso de uso descreve a exclusão de uma loja do sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de exclusão de uma loja no sistema.

Atores: Administrador.

Pré-condição: Administrador cadastrado e logado no sistema e loja cadastrada no sistema, exibindo a tela de visualização de lojas cadastradas.

Seqüência de Eventos:

1. Administrador escolhe a loja desejada e seleciona a opção "Excluir".
2. Sistema mostra a mensagem "Loja excluída com sucesso." e recarrega a tela que mostra todos as lojas cadastradas no sistema.

Pós-condição: Loja excluída do sistema.

Extensão:

1. No momento da exclusão o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 2):
Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. A exclusão não pode ser feita.".

Inclusão: Nenhuma.*Caso de uso 13: Manipulação de Cadastro de Produtos de Lojas**Caso de uso 13.1: Inserção de Novo Produto*

Descrição: Este caso de uso descreve a inclusão de um novo produto de loja no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de inserção de novo produto de loja no sistema.

Atores: Lojista e Funcionário.

Pré-condição: Lojista ou funcionário cadastrado e logado no sistema, e sistema exibindo a tela de produtos de uma loja.

Seqüência de Eventos:

1. Usuário seleciona a opção "Cadastrar Novo Produto".
2. Sistema mostra tela com campos a serem preenchidos pelo usuário, tais como, nome do produto, preço, etc.
3. Usuário preenche os campos necessários e seleciona "OK".
4. Sistema exibe mensagem: "Novo produto cadastrado com sucesso!"

Pós-condição: Novo produto cadastrado no sistema.

Extensão:

1. No momento da inserção o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 4):
Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. A inserção não pode ser feita.".
2. Ao selecionar "OK", o sistema detecta que um ou mais campos foram preenchidos incorretamente (passo 3): sistema mostra a mensagem: "Campo preenchido incorretamente.", e o cursor vai para o (primeiro) campo preenchido incorretamente.

Inclusão: Nenhuma.*Caso de uso 13.2: Visualização de todas os produtos de uma loja*

Descrição: Este caso de uso descreve a visualização de todos os produtos de uma loja cadastrados no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de visualização dos produtos de uma loja cadastrados no sistema.

Atores: Lojista e Funcionário.

Pré-condição: Lojista ou Funcionário logado no sistema.

Seqüência de Eventos:

1. Sistema mostra na tela todos os produtos de uma loja cadastrados no sistema. Ao lado de cada um existe a opção "Alterar" e "Excluir", no fim da lista existe o botão "OK".

Pós-condição: Produtos cadastrados de uma loja disponíveis na tela.

Extensão:

1. No momento da visualização o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 1): Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. A Visualização não pode ser feita.", voltando para a tela anterior.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 13.3: Alteração de dados de um produto de uma loja

Descrição: Este caso de uso descreve a alteração de dados de um produto de uma loja no sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de alteração de um produto de uma loja no sistema.

Atores: Lojista e Funcionário.

Pré-condição: Lojista ou Funcionário cadastrado e logado no sistema. Produto cadastrado no sistema e sistema exibindo a tela com os resultados de visualização de produtos.

Seqüência de Eventos:

1. Usuário seleciona o produto e escolhe a opção "Alterar".
2. Sistema busca os dados do produto.
3. Sistema mostra tela com os campos já preenchidos disponíveis para alteração.
4. Usuário altera os campos necessários e seleciona "OK".
5. Sistema exibe mensagem: "Dados de produto alterados com sucesso!"

Pós-condição: Dados do produto alterados no sistema.

Extensão:

1. No momento da alteração o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 5):
Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. A alteração não pode ser feita.".
2. Ao selecionar "OK", o Sistema detecta que um ou mais campos foram preenchidos incorretamente (passo 4): Sistema mostra a mensagem: "Campo preenchido incorretamente.", e o cursor vai para o (primeiro) campo preenchido incorretamente.

Inclusão: Nenhuma.

Caso de uso 13.4: Exclusão de um produto de uma loja

Descrição: Este caso de uso descreve a exclusão de um produto de uma loja do sistema.

Evento Iniciador: Solicitação de exclusão de um produto de uma loja no sistema.

Atores: Lojista e Funcionário.

Pré-condição: Lojista e Funcionário cadastrado e logado no sistema. Produto de loja cadastrado no sistema e sistema exibindo a tela com os resultados de visualização de produtos.

Seqüência de Eventos:

1. Na tela de visualização de produtos de lojas cadastrados, usuário seleciona a opção "Excluir".
2. Sistema mostra a mensagem "Produto excluído com sucesso" e recarrega a tela que mostra todos os produtos de uma loja cadastrados no sistema.

Pós-condição: Produto excluído do sistema.

Extensão:

1. No momento da exclusão o sistema detecta algum erro no banco de dados (passo 2):
Sistema mostra a mensagem: "Erro no banco de dados. A exclusão não pôde ser feita.".

Inclusão:

1. Para serem mostrados todos os sites de lojas, é executado o caso de uso 18.2, Visualização de todas os produtos de uma loja.

4.4. Descrição Técnica

Para um melhor entendimento da descrição técnica, o projeto é dividido em três blocos principais, sendo que o bloco Localização ainda é sub-dividido em dois blocos:

- Localização
 - Sistema de Calibração
 - LTW
 - Cria Áreas
 - WebService
 - Sistema Pocket
 - Portal

A descrição de cada um deles, bem como os diagramas necessários para o seu entendimento, serão detalhados nos itens subsequentes. Para um entendimento mais global, também será fornecida a arquitetura de hardware, bem como a arquitetura de software utilizada no projeto.

4.4.1. Sistema de Calibração

O sistema de calibração é formado por dois módulos batizados de “LTW” e de “Cria Áreas”. Inicialmente, um *grid* (quadriculado) deve ser criado no mapa da área física onde o sistema será utilizado. Os pontos de intersecção deste *grid* determinam os pontos de calibração do sistema, ou seja, os pontos que serão utilizados como referência no cálculo da posição dos dispositivos móveis.

O módulo LTW é utilizado para, em cada um destes pontos, coletar um grande número de amostras de sinais *wireless* e armazená-las num banco de dados. Estas amostras consistem na potência do sinal RF (RSSI) e na identificação do *Ponto de acesso* que emite este sinal.

Devido às grandes flutuações naturais da potência de sinal, é necessário que se colete uma grande massa de amostras, para que a realidade possa ser representada com maior exatidão. Através da análise desta massa coletada é possível constatar que as diversas aferições da potência de sinal em um ponto podem ser aproximadas por uma distribuição normal.

Após coletar todas as amostras desejadas, o módulo LTW é o responsável por solicitar, via *WebService*, que se calcule as distribuições normais (método Calcula Médias) de cada ponto.

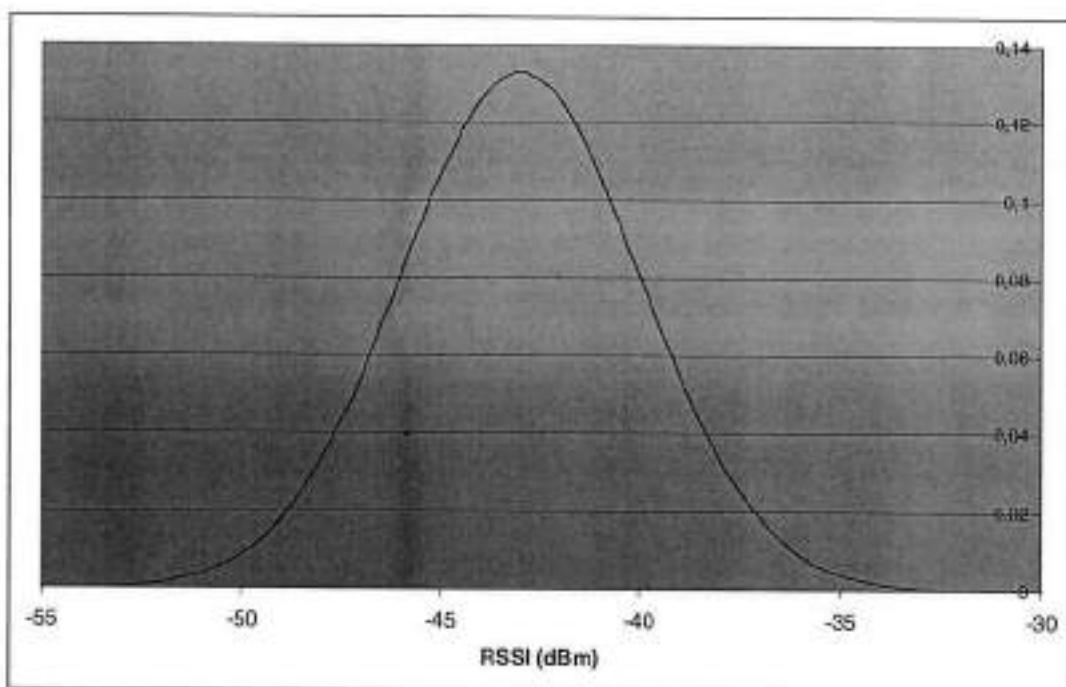


Figura 16 - Curva normal de uma calibração

A

Figura 16 representa a medição da potência do sinal proveniente de um *ponto de acesso* em um ponto de calibração.

Após a gravação das observações de todos os pontos desejados no banco de dados ainda é necessário um passo a mais para completar a etapa de calibração do sistema. Essa etapa é a criação de áreas, ou seja, a gravação das coordenadas x e y de 4 vértices, mais os valores mínimo e máximo que as coordenadas x e y podem assumir e um valor que informa em que plano essa área física está localizada (no caso do shopping servirá para indicar o piso).

Este processo é feito utilizando-se o módulo "Cria Áreas". Este programa, apesar de ser muito simples, tem uma importância fundamental para o algoritmo de localização, uma vez que restringe o espaço possível para o dispositivo móvel estar localizado, além de impedir que o resultado da localização apareça no mapa em um local inacessível ou até mesmo inválido.

4.4.1.1. Diagrama de Classes do Sistema de Calibração

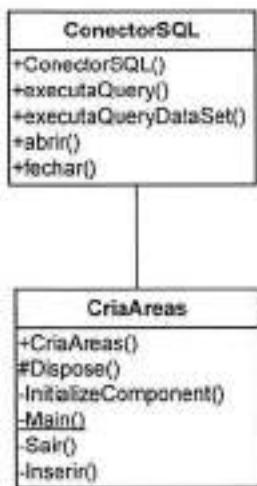


Figura 17 - Diagrama de Classes do módulo Cria Áreas

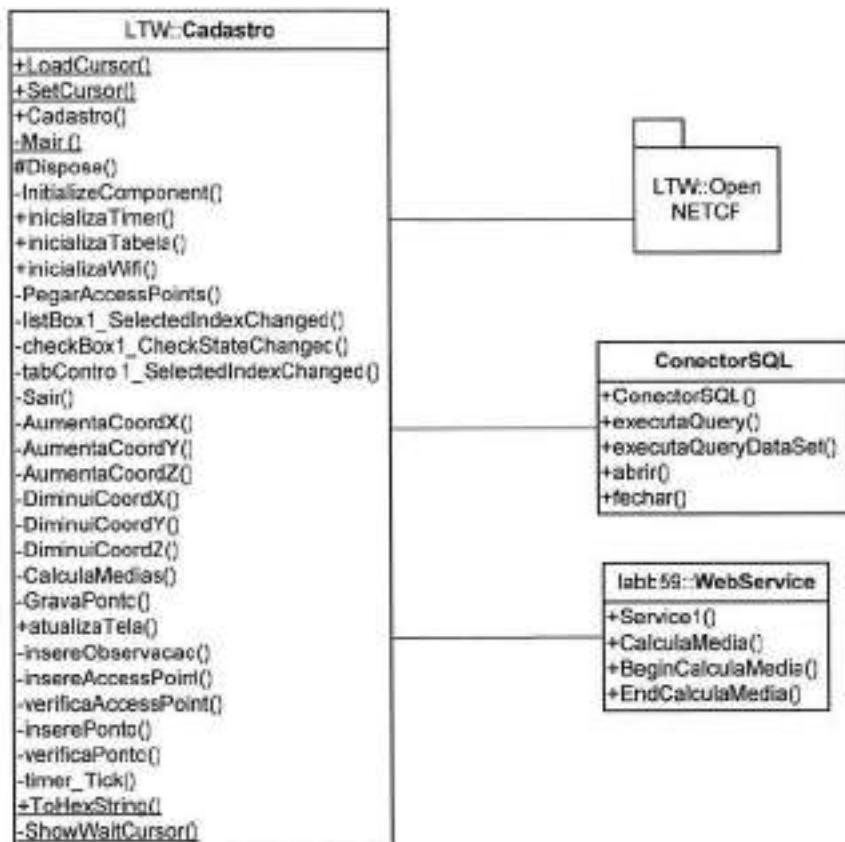


Figura 18 - Diagrama de Classes do módulo LTW

4.4.1.2. Diagramas de Seqüência do Sistema de Calibração

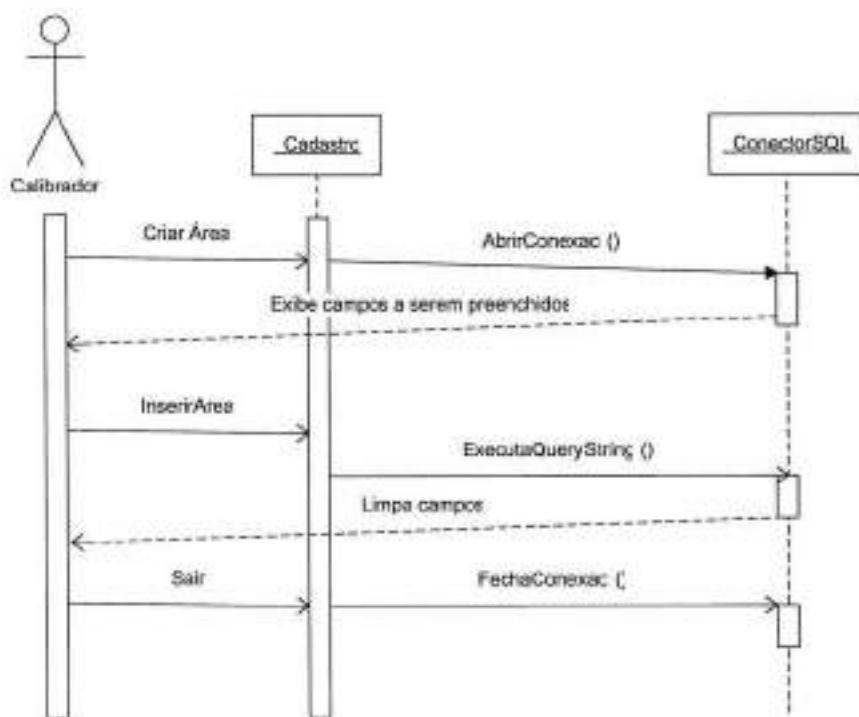


Figura 19 - Diagrama de Seqüência de criação de uma área

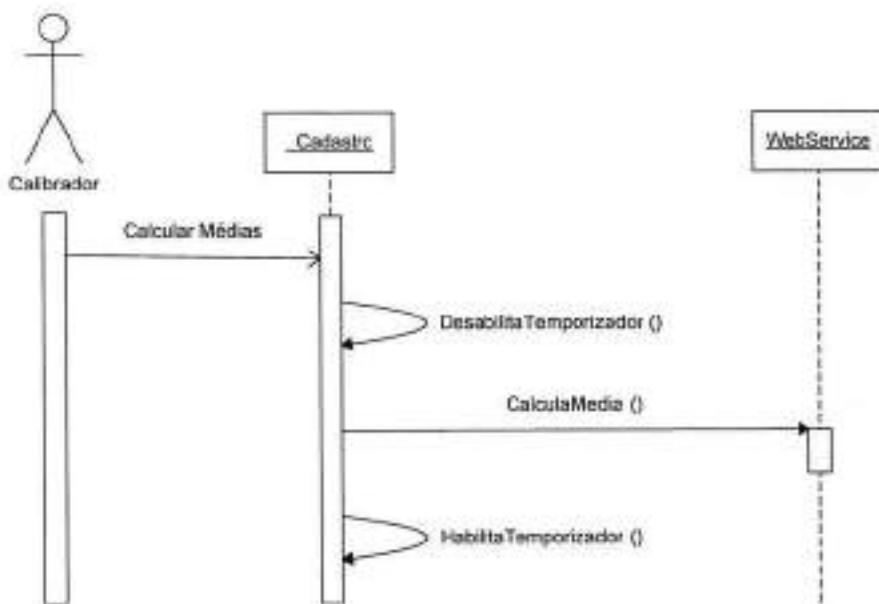


Figura 20 - Diagrama de Seqüência do cálculo de médias

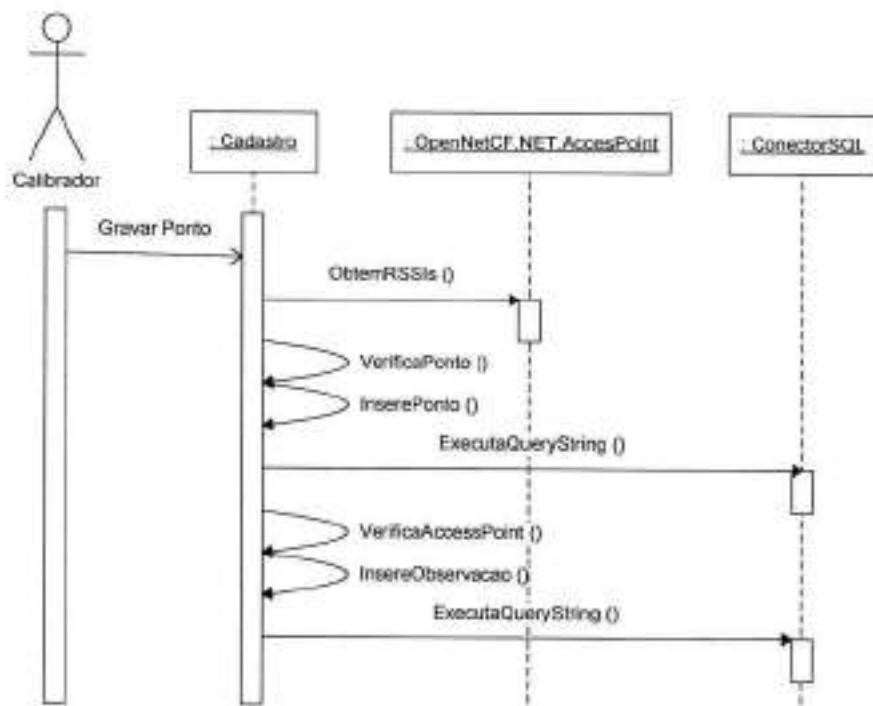


Figura 21 - Diagrama de Seqüência de gravação de um ponto de calibração

4.4.1.3. Implementação do Banco de Dados do Sistema de Calibração

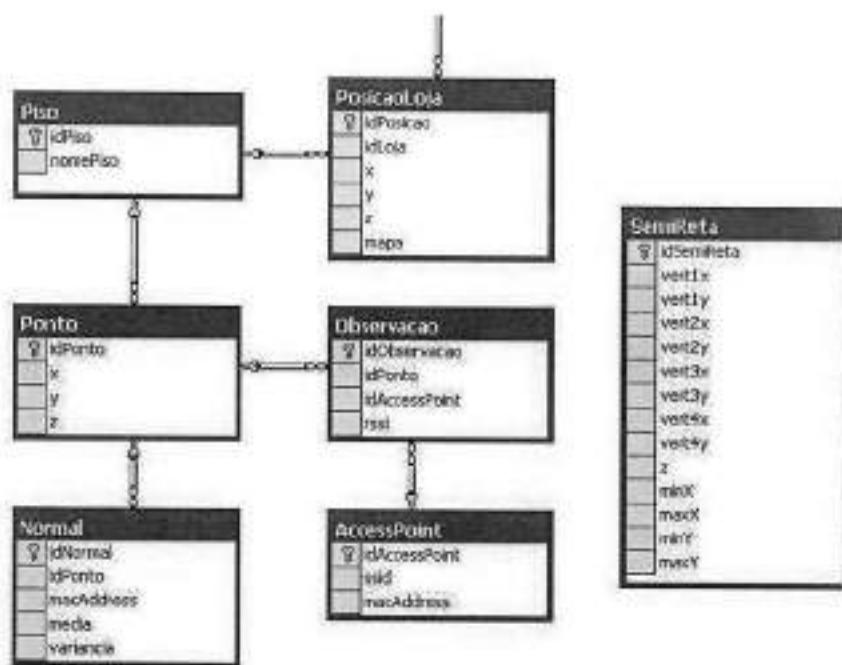


Figura 22 - Implementação do Banco de Dados do Sistema de Calibração

4.4.2. WebService

Este módulo é formado por 3 classes e fornece dois serviços principais: cálculo da localização do dispositivo móvel e acesso ao banco de dados.

O acesso ao banco de dados é feito por meio de métodos pré-determinados, ou seja, cada método acessa uma informação específica e a retorna para o dispositivo que chamou o método.

A localização é feita através da chamada de um método do WS. Esta chamada recebe como entrada 10 amostras de sinais *wireless* provenientes e retorna não apenas a posição do dispositivo como também os estabelecimentos próximos ao dispositivo, o *link* para os seus sites e as propagandas programadas para recebimento neste momento.

O cálculo da localização é baseado em amostras estatísticas coletadas no ambiente de utilização do sistema durante a fase de calibração.

4.4.2.1. Diagrama de Classes do WebService

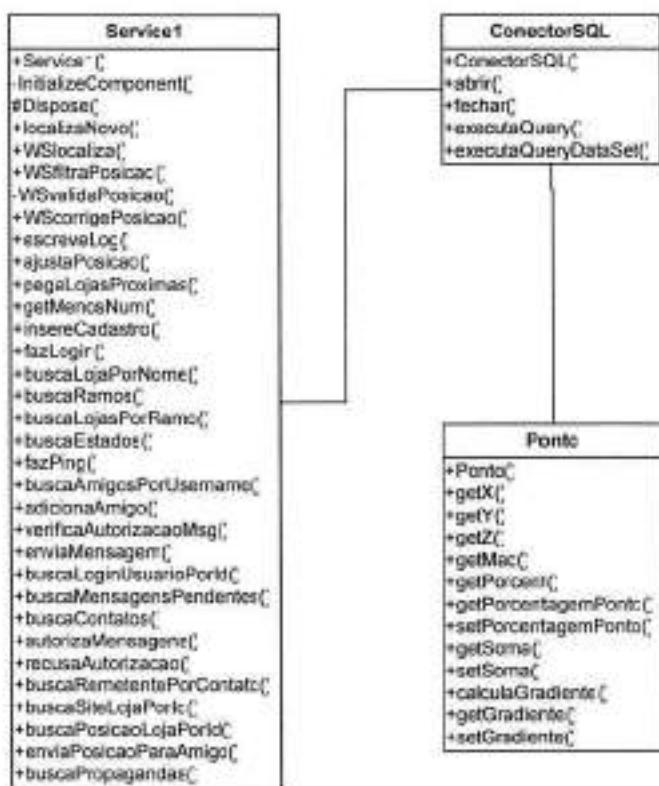


Figura 23 - Diagrama de Classes do WebService

4.4.2.2. Diagramas de Seqüência do WebService

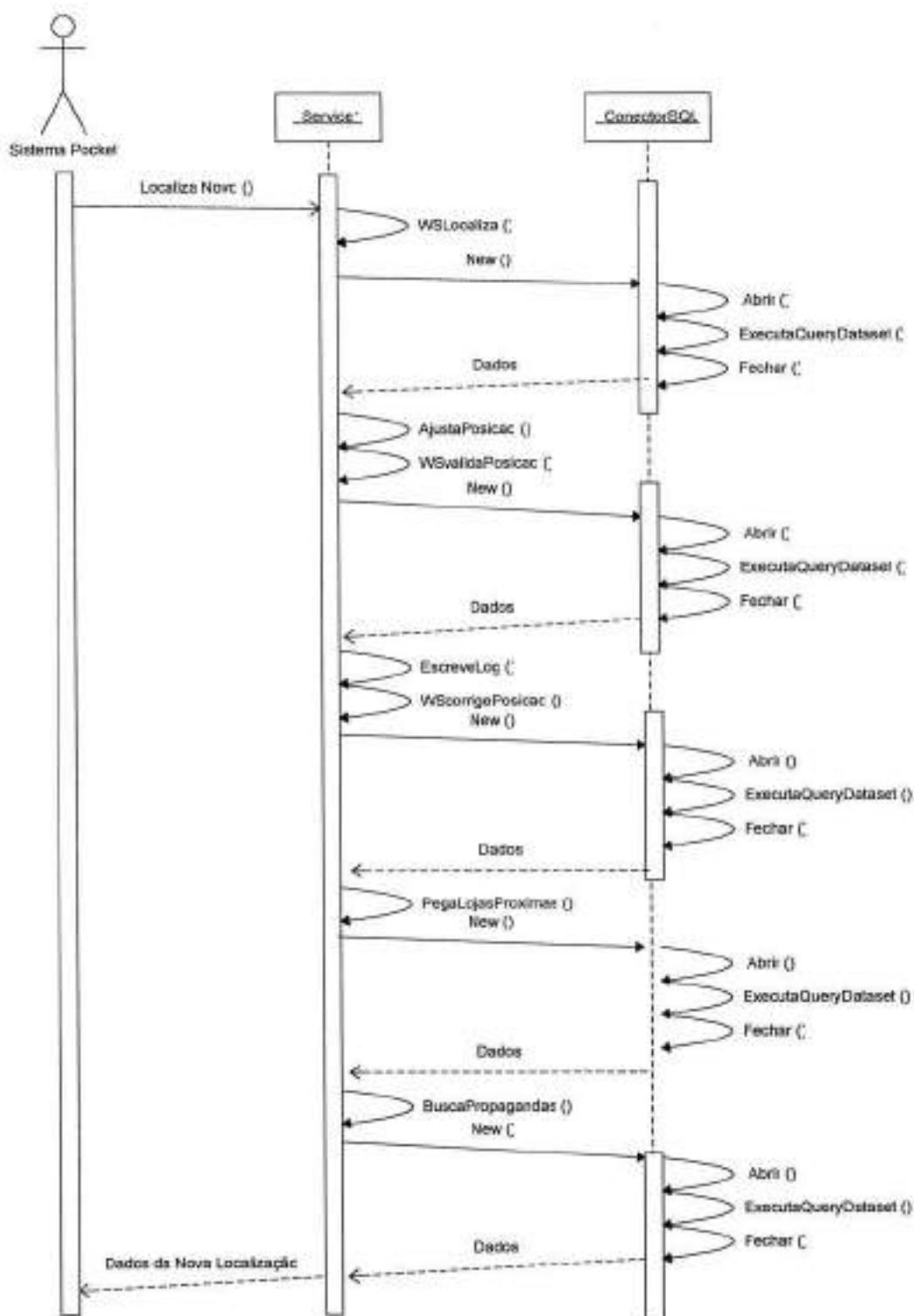


Figura 24 - Diagrama de Seqüência de solicitação de nova localização ao WebService

4.4.2.3. Localização

O cálculo da posição é feito com dez medidas de potência de sinal dos *pontos de acesso* próximos ao dispositivo móvel. Este cálculo está dividido em duas fases: individual e global. O cálculo individual processa cada medida em separado e o global considera todos os cálculos individuais gerados para chegar à localização do usuário. As entradas do método de localização são as dez medidas e a posição anteriormente calculada (chamada de PAnt)

- Cálculo Individual

Este cálculo gera uma localização parcial. Esta localização é gerada a partir das componentes de alguns dos pontos de calibração. O cálculo inicia-se com a busca destes pontos, que são aqueles cuja calibração contém dados dos *pontos de acesso* medidos no instante do cálculo.

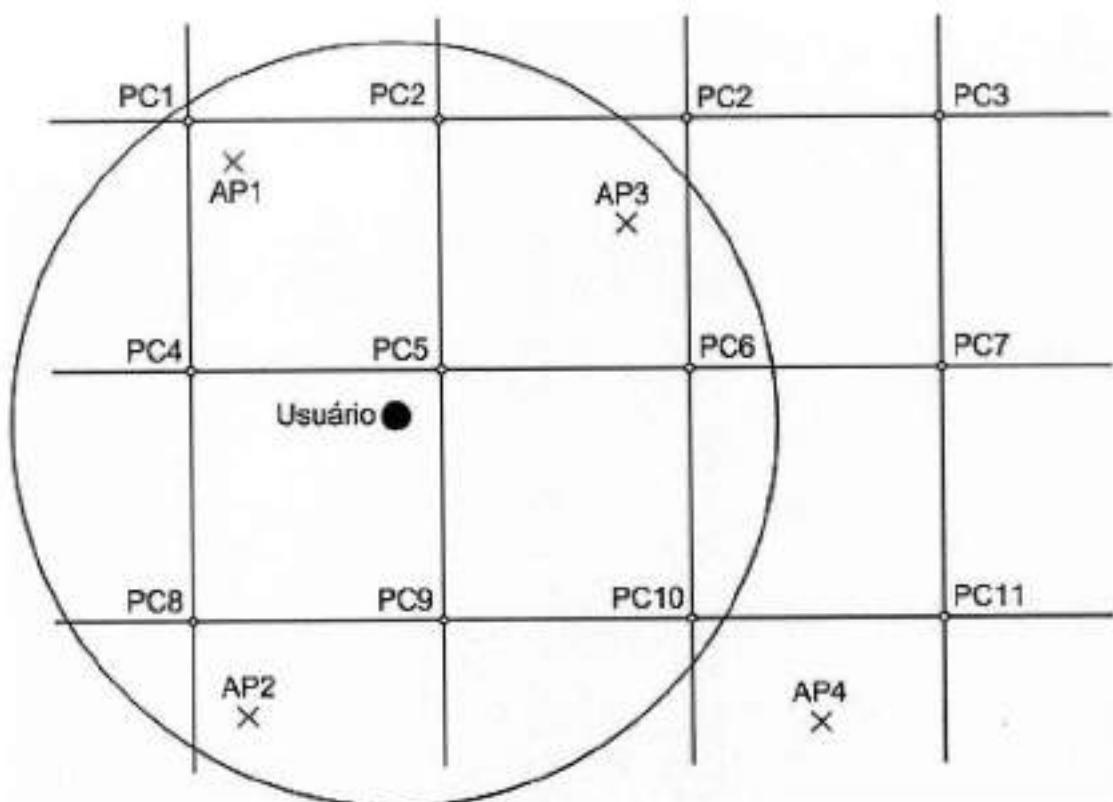


Figura 25 - Exemplo de uma situação de localização

Na

Figura 25, PCi representa o 'ponto de calibração i' e APi o 'ponto de acesso i'. Nesta situação o dispositivo móvel recebe sinal dos *pontos de acesso* 1, 2 e 3. Assim, os pontos de calibração escolhidos para compor a localização do usuário serão os pontos 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10, pois nas suas calibrações constam os mesmos *pontos de acesso*.

Uma medição é um conjunto de duplas (AP, RSSI). Na situação da

Figura 25, uma medição possível seria { (AP1,-60) ; (AP2,-55) ; (AP3,-50) }.

A localização parcial tem duas colaborações de cada ponto de calibração: o valor da normal e a proximidade. O valor da normal é obtido calculando-se o valor da probabilidade do valor de RSSI nas curvas normais obtidas durante a fase da calibração. Em cada ponto de calibração temos várias curvas normais, uma para cada *ponto de acesso*. Nesta situação, portanto, em cada ponto teremos 3 valores de probabilidade, pois cada ponto escolhido tem na sua calibração 3 curvas normais. Assim, o valor da normal para cada ponto é encontrado combinando-se estes valores.

A outra colaboração é dada por um fator de proximidade, chamado de gradiente. O gradiente (vide

Figura 26) é usado para se dar um peso maior para os pontos de calibração mais próximos ao ponto anterior.

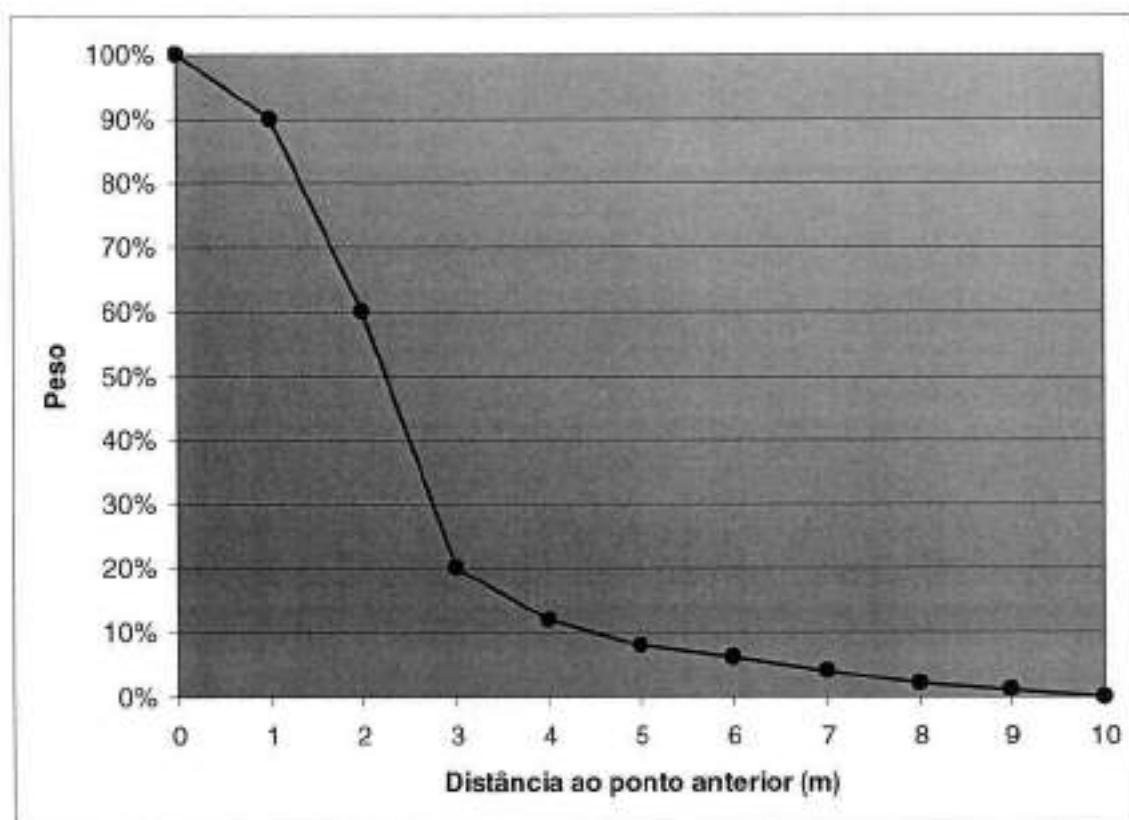


Figura 26 - Gráfico do gradiente

Com ambas as colaborações calculadas para todos os pontos, já é possível calcular a localização parcial a partir da seguinte fórmula:

$$Posição(PC_{Calc}) = \sum Posição(PC_i) * (Gradiente(PC_i) + Normal(PC_i)) / 2$$

- Cálculo Global

Este cálculo gera a localização do usuário, e tem como entrada as dez localizações parciais calculadas anteriormente. Estas localizações são ordenadas e agrupadas em 4 faixas de ocorrência. As faixas extremas são descartadas, e a localização resultante é calculada utilizando-se a média aritmética dos pontos resultantes. A finalidade deste método é retirar possíveis aberrações resultantes do cálculo anterior. Estas aberrações são causadas por flutuações não previstas na potência de sinal dos *pontos de acesso*.

Um filtro é aplicado nesta localização resultante. Este filtro impede que o ponto calculado esteja a uma distância não alcançável por um usuário padrão no intervalo de tempo do cálculo. Uma pessoa correndo alcança em média 10 km/h (aprox. 3 m/s); como o cálculo é realizado a cada 1s, temos que a distância máxima ao ponto anterior deve ser de 3 metros. Se estiver mais distante, o ponto é aproximado de acordo com a

Figura 27.

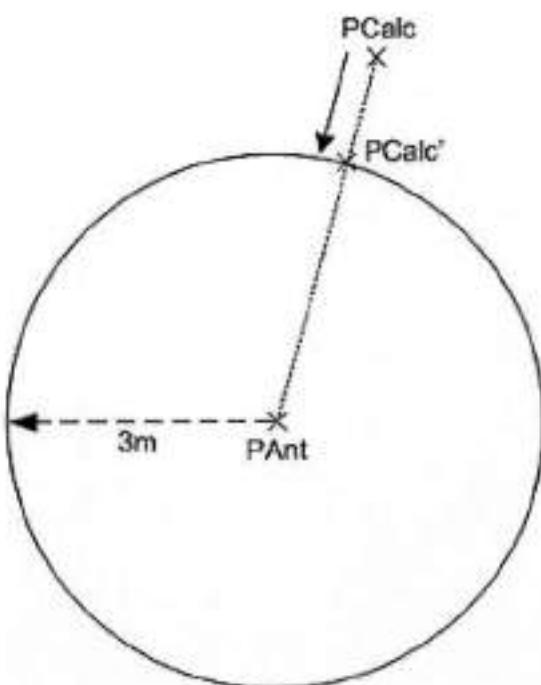


Figura 27 - Aproximação de um ponto distante

A última verificação feita é se a localização calculada está dentro de uma das áreas válidas definidas na fase da calibração do sistema. Se o ponto estiver fora de uma das áreas, ele é aproximado para dentro da área válida mais próxima a ele.

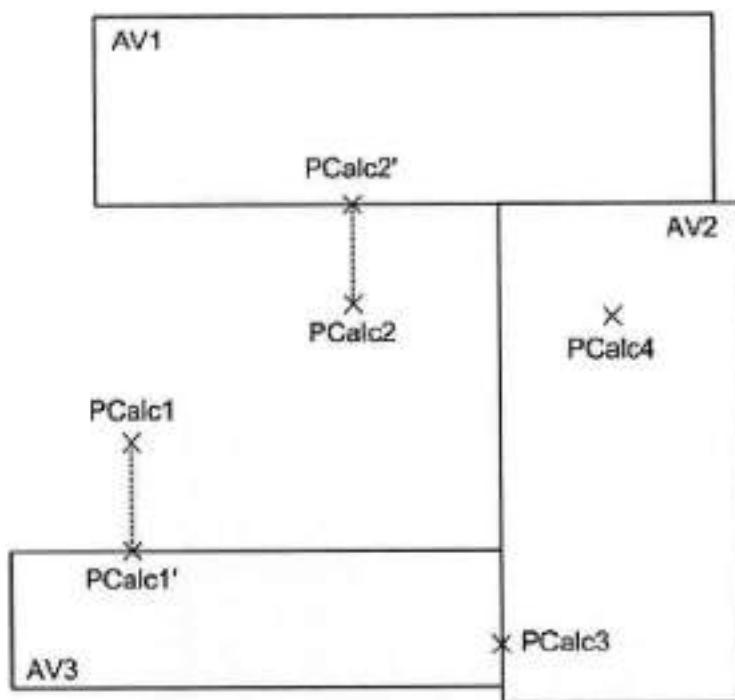


Figura 28 - Aproximação de ponto foras das áreas válidas

Na

Figura 28, os pontos calculados 1 e 2 estão fora das áreas válidas, e são aproximados aos novos pontos $PCalc1'$ e $PCalc2'$. Os pontos 3 e 4 estão dentro das áreas e não são aproximados.

Após todos estes passos, temos a localização do dispositivo móvel calculada.

4.4.3. Sistema *Pocket*

Esta parte do sistema, chamada de *Shopping*, é sem dúvida a parte mais complexa e importante de todo o projeto. Este aplicativo deve ser instalado em todo dispositivo móvel que desejar acessar o sistema.

Ele está segmentado em 5 partes e utiliza alguns métodos do pacote OpenNetCF.Net [27] e utiliza também diversos métodos do módulo WebService de Localização.

4.4.3.1. Core

Esse módulo é formado pela classe Localização. Ele se comunica com o pacote OpenNetCF.Net e é responsável pela parte de mais baixo nível, ou seja, aquela que lê o RSSI dos Pontos de acesso e para isso se comunica diretamente com a placa de rede do dispositivo móvel.

O módulo funciona da seguinte maneira:

Primeiramente ele procura por algum adaptador wireless através do método OpenNETCF.Net.Networking.GetAdapters().

Caso não encontre algum adaptador *wireless*, o sistema mostra uma mensagem de erro e sugere para que o usuário verifique se a rede wi-fi está habilitada. Caso contrário, se o sistema detectar pelo menos 3 pontos de acesso ele irá armazenar as potências dos sinais recebidos de cada ponto de acesso.

4.4.3.2. Mapa

Esse módulo é formado pelas classes Map e PixelXY. Ele é responsável por toda a parte gráfica do projeto. Entre outras coisas ele é capaz de carregar uma imagem na tela, redimensionar uma imagem, além de converter as posições dos dispositivos móveis (coordenadas x, y) em pixels e de pixels para coordenadas. Essa conversão é fundamental no processo de interação com o usuário, pois sem ela não seria possível detectar em que parte da tela o usuário tocou.

4.4.3.3. Thread

Esse módulo é formado pela classe ProdLocalizacao. Ele possui todos os métodos necessários para controlar as *threads* utilizadas pelo sistema. Uma das *threads* fica encarregada de cuidar apenas da localização em que o dispositivo móvel se encontra. Para isso, ela captura as potências dos *pontos de acesso* utilizando a classe Localização e utiliza o método LocalizaNovo() do *WebService* para enviar essas informações até o servidor. Chegando no servidor essas informações são processadas e devolvidas novamente para o sistema. Desta forma, o sistema já recebe do servidor todas as informações necessárias para exibir a localização do usuário, bem como as lojas que estão próximas a ele, os sites das lojas próximas e até as propagandas que devem ser exibidas.

Como as propagandas, as lojas e os sites das lojas que serão exibidos no dispositivo móvel dependem da localização, fica muito mais eficiente deixar para que o servidor processe todas essas informações. Apesar do pequeno aumento do tráfego na rede, o ganho de performance conseguido justifica essa decisão.

A fim de garantir uma melhor acurácia no valor da localização mostrado no mapa, o sistema efetua 10 amostras de sinais e calcula a localização utilizando as melhores amostras.

Além dessa *thread* fundamental para a localização, essa classe possui uma segunda *thread* que é responsável por monitorar todas as mensagens pendentes a cada 20 segundos, bem como se comunicar com o *WebService* para buscar *logins* de usuários, buscar contatos, inserir novos contatos de amigos e também remover contatos. Além disso, ela também é responsável por realizar o ping de cada usuário a cada 2 minutos atualizando o seu estado atual no banco de dados.

4.4.3.4. Util

Esse módulo é formado pelas classes Crypto, DataTransfer e PowerNotification e como o próprio nome sugere fornece algumas utilidades para as demais classes do projeto. As classes Crypto e DataTransfer por exemplo, fornecem alguns métodos utilizados para criptografar e para decriptografar a senha a ser enviada, garantindo assim a segurança no envio de senhas pela rede.

Já a classe PowerNotification nada mais é do que uma *thread* que monitora o recebimento, pelo sistema operacional, de uma notificação para que seja desligado e, com isso, força o término do programa impedindo que o dispositivo móvel seja desligado sem ser finalizado corretamente.

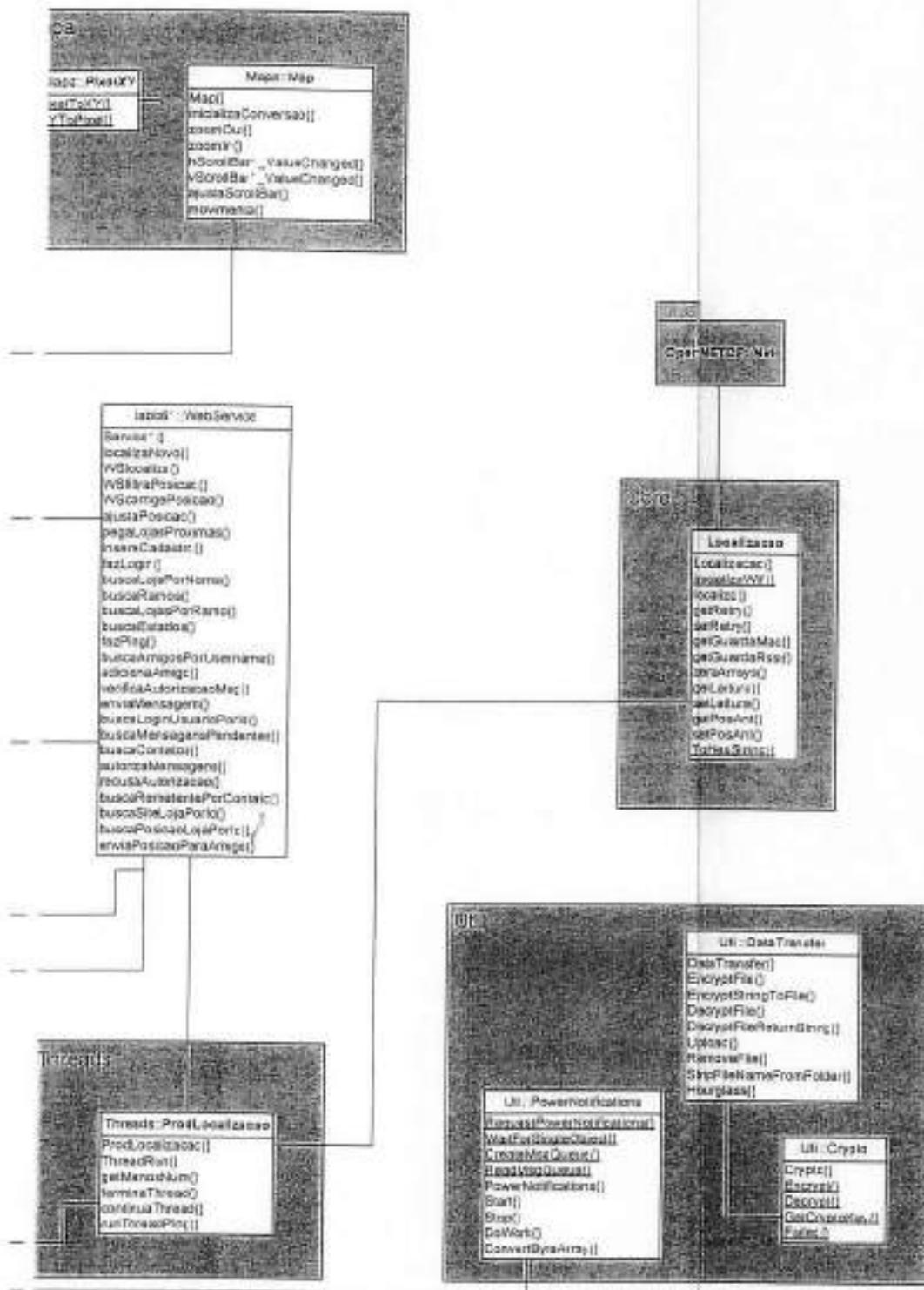
4.4.3.5.Shopping

Esse módulo é formado por 7 classes e pelas 7 telas que existem no sistema. A primeira tela a ser exibida pelo sistema é a tela inicial. Nela o usuário pode fazer o seu *login* ou fazer o cadastro no sistema (telas Cadastro, Cadastro2 e Termos).

Após estar logado no sistema o usuário é redirecionado para a tela principal onde terá acesso a todas as funcionalidades do sistema e poderá navegar livremente de uma tela para outra.

Para cadastrar amigos e enviar mensagens o usuário utilizará as telas Amigos e Mensagens, respectivamente.

Cada classe, basicamente é responsável por fornecer todos os métodos necessários para as funcionalidades disponíveis em cada tela, excetuando-se a classe principal que, além de ser responsável por gerenciar o relacionamento entre todas as funcionalidades simultaneamente, é responsável por armazenar e manipular as informações a serem exibidas em outras telas.



• Classes do Sistema Pocket

4.4.3.6. Diagrama de Classes do Sistema Pocket

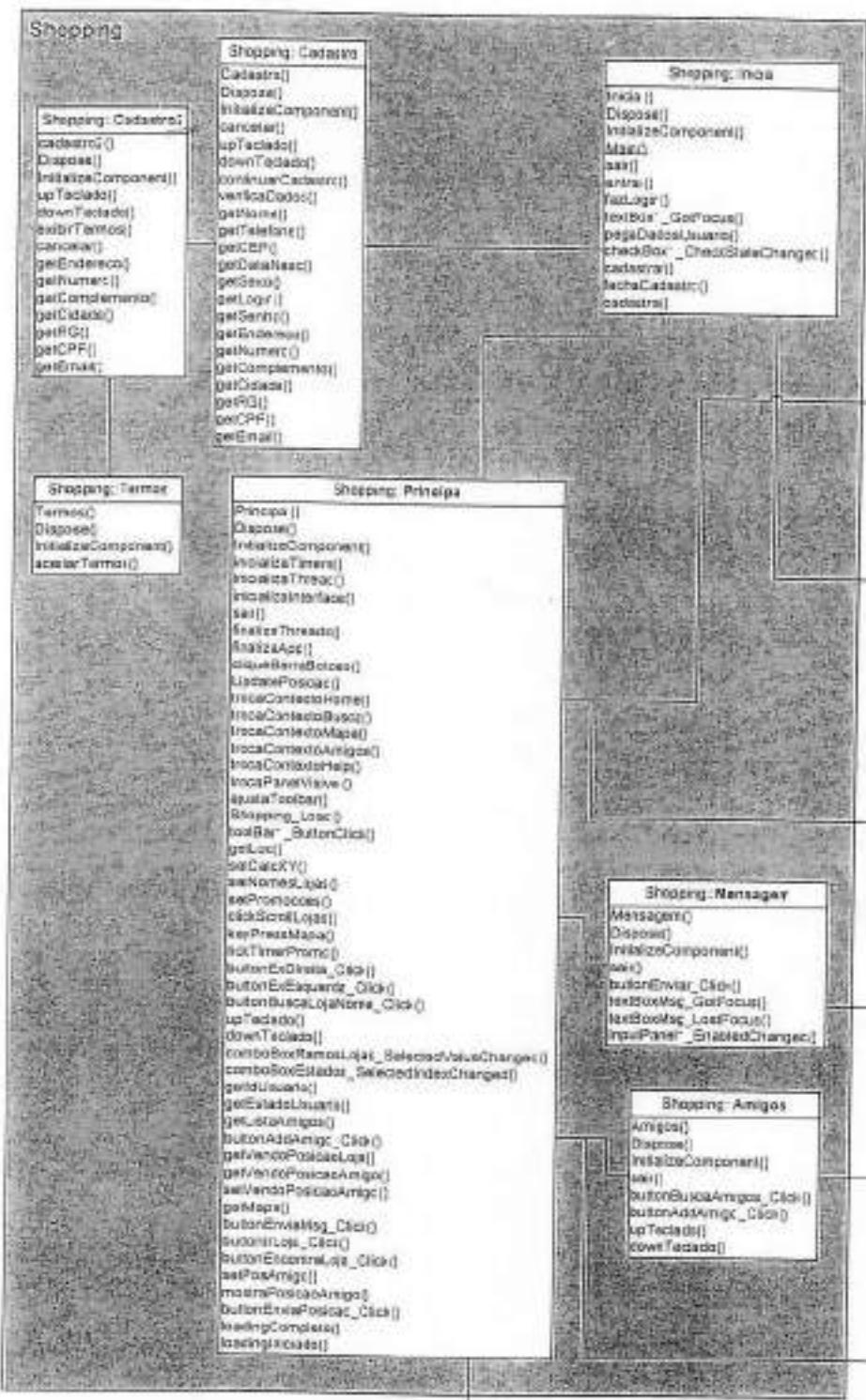


Figura 29 - Diagram

4.4.3.7. Diagrama de Seqüência do Sistema *Pocket*

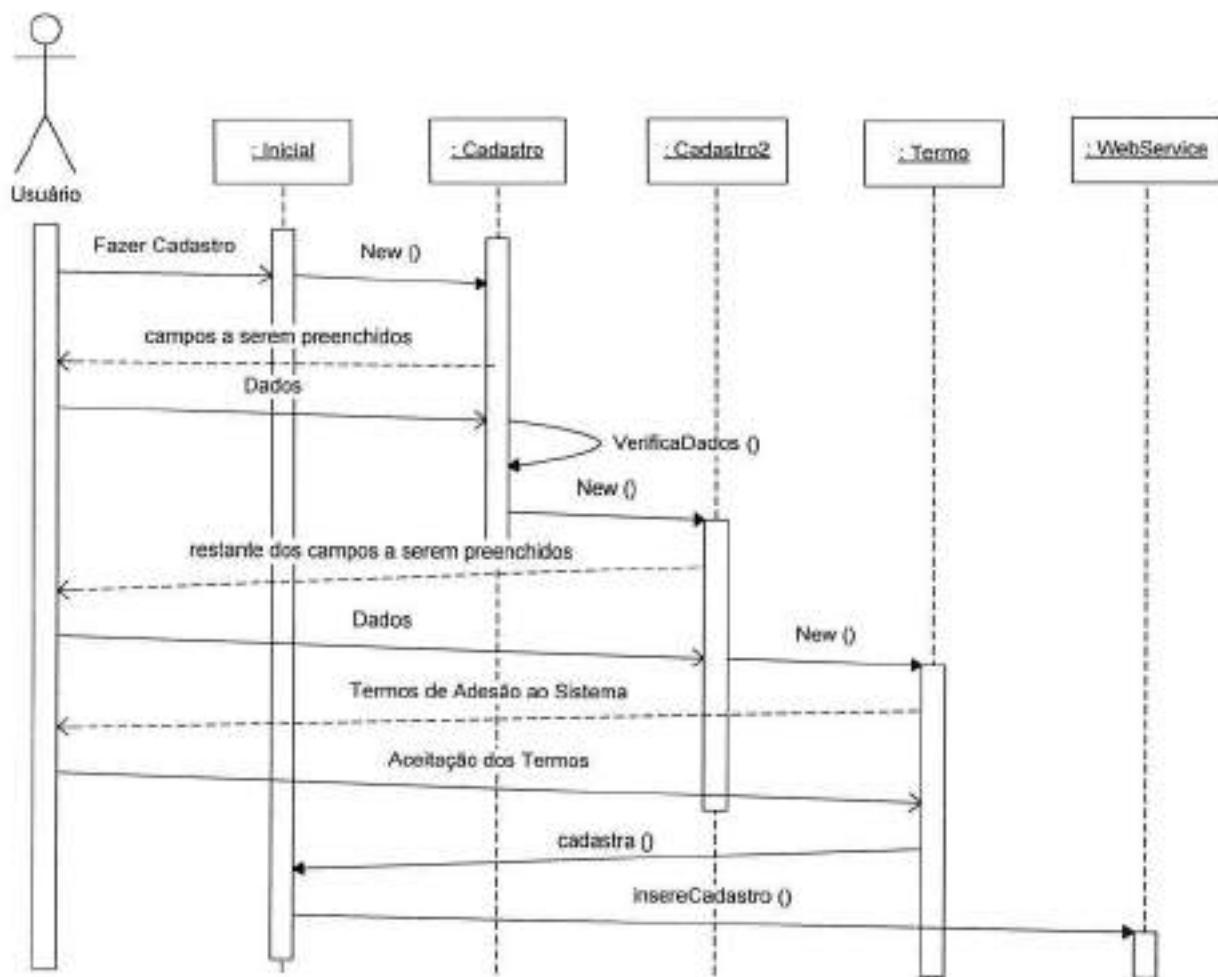


Figura 30 - Diagrama de Seqüência de cadastro de usuário

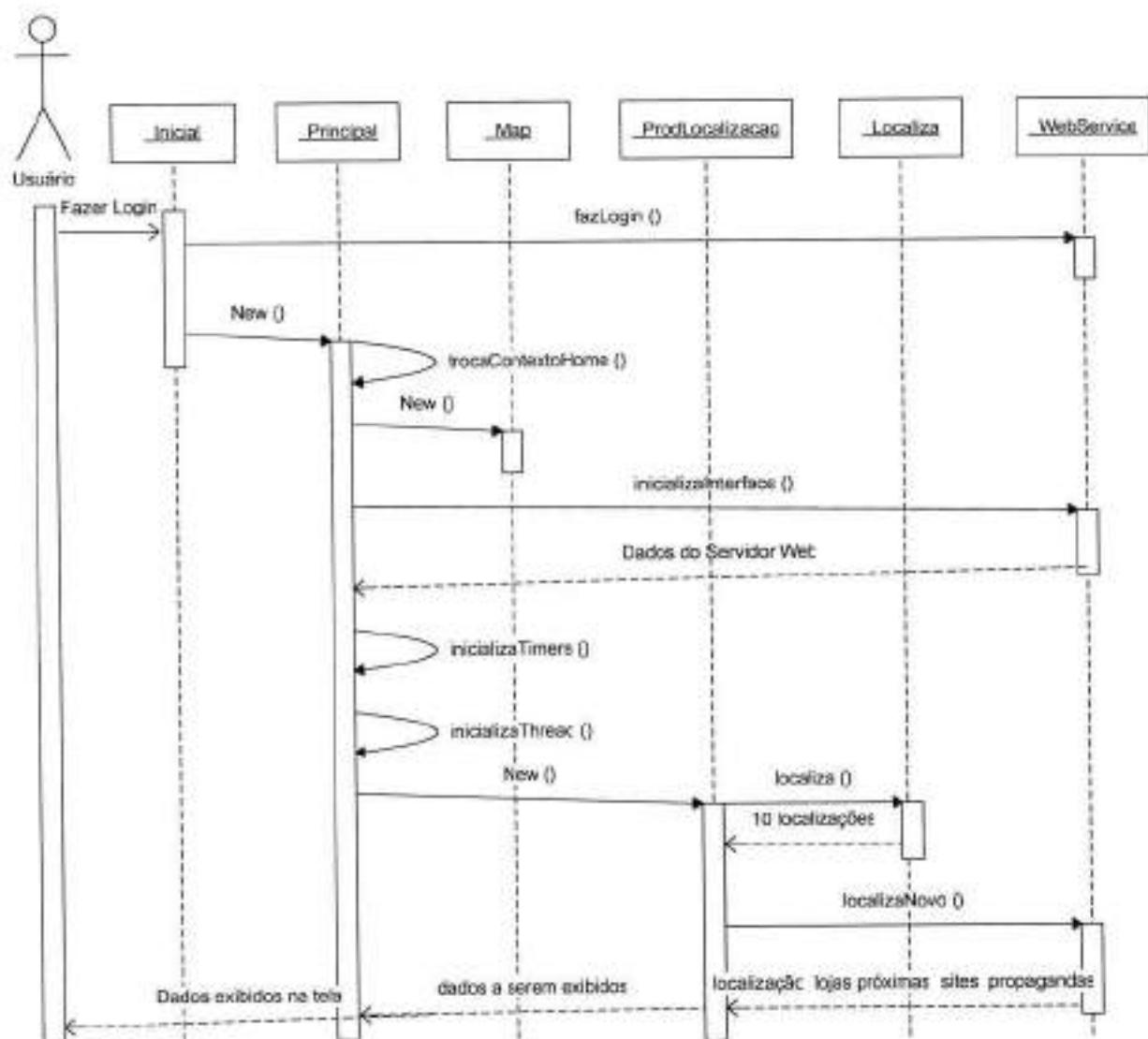


Figura 31 - Diagrama de Seqüência de inicialização do sistema

4.4.4. Diagrama de Entidade-Relacionamento do Sistema

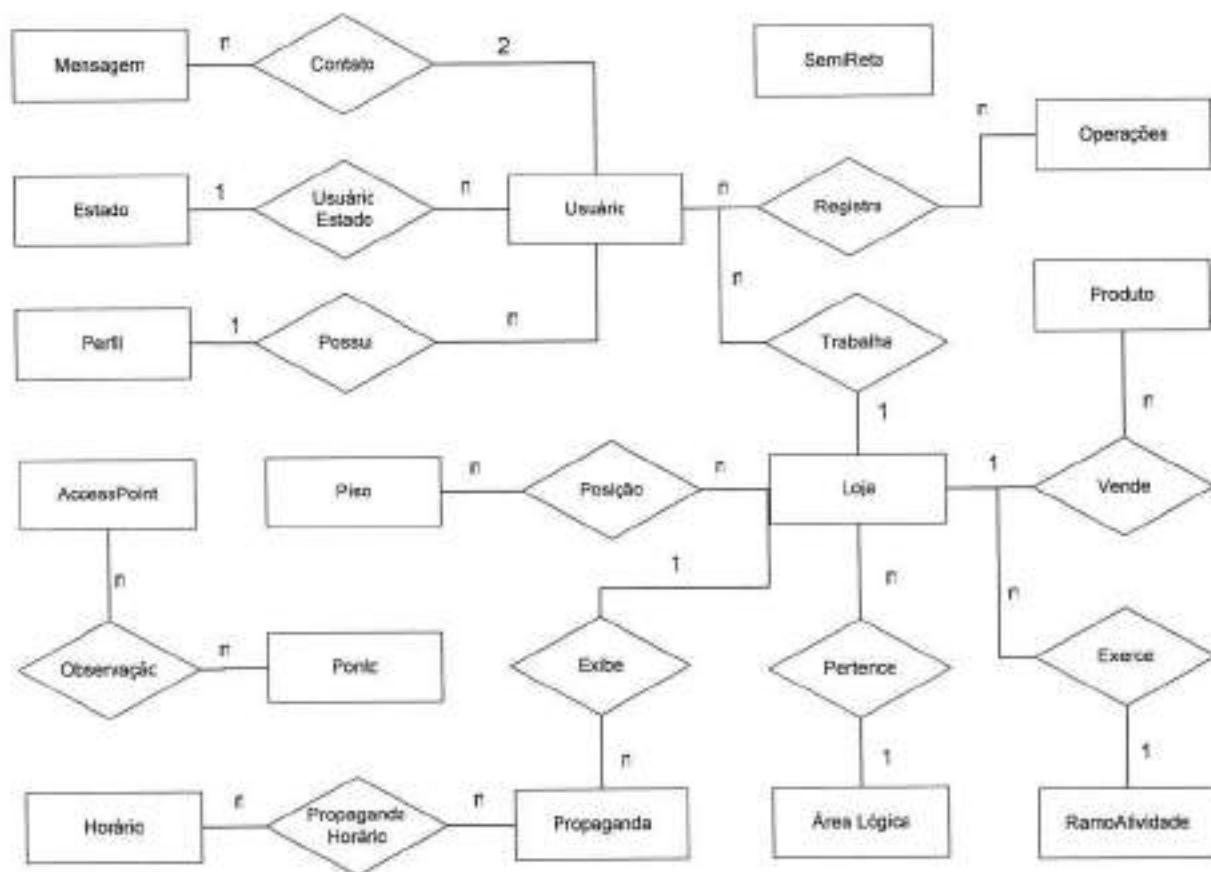


Figura 32 - Diagrama de Entidade-Relacionamento do Sistema

4.4.5. Implementação do Banco de Dados do Sistema

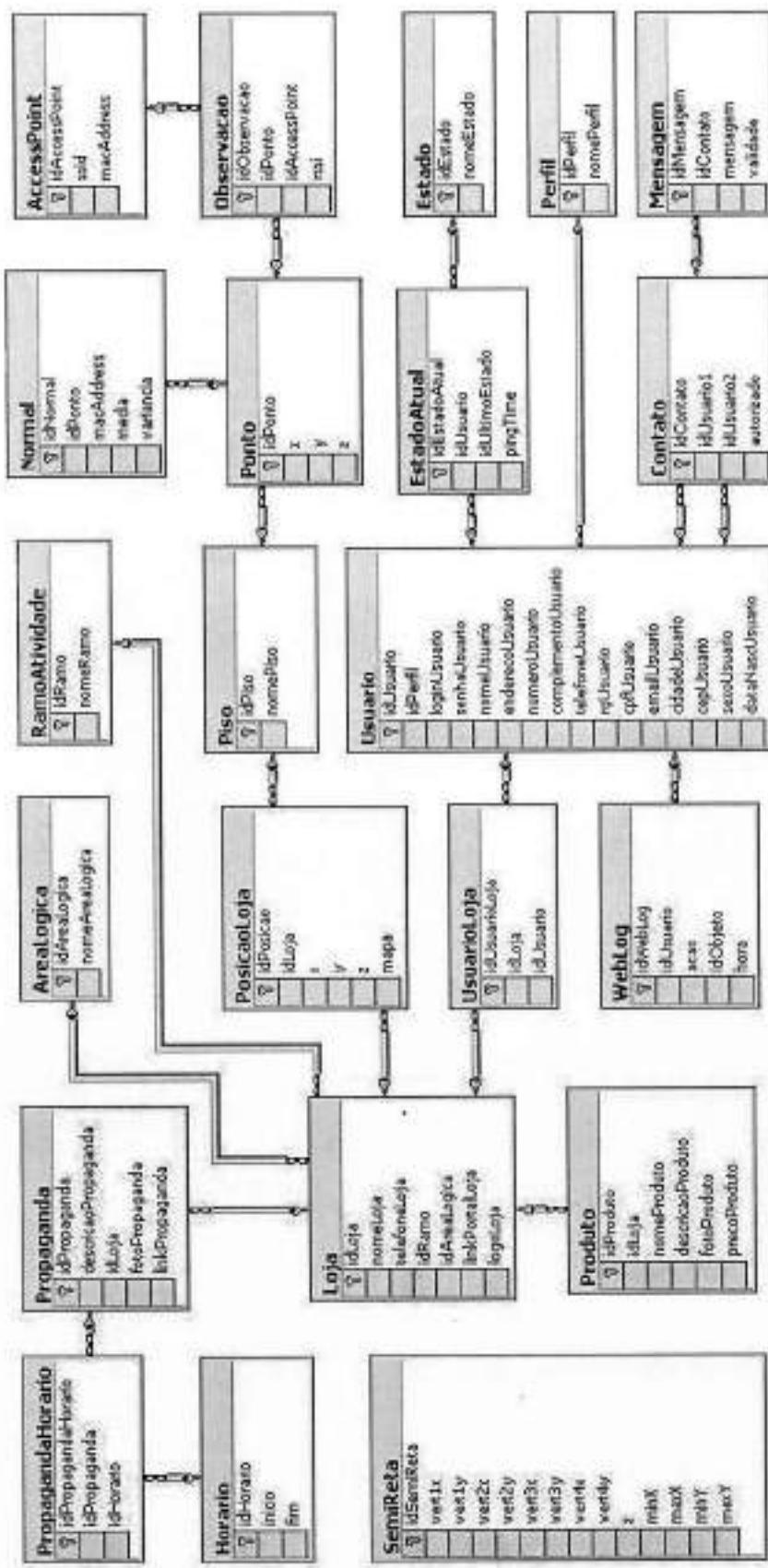


Figura 33 - Implementação do Banco de Dados Completo do Sistema

4.4.6. Portal

Este módulo do projeto é responsável pelo gerenciamento de todo o sistema, depois que os pontos de calibração já foram cadastrados e agrupados em áreas pelos módulos LTW e CriaÁreas respectivamente.

Todos os usuários do sistema são classificados por um perfil de acesso, o que lhes garantem certos privilégios específicos para o seu perfil. O sistema inicialmente está configurado para aceitar 4 tipos de perfis: Administrador, Funcionário, Lojista e Usuário (usuários de dispositivos móveis), mas o Administrador pode a qualquer momento, utilizando a interface adequada e realizando pequenas adaptações, acrescentar outros tipos de perfis.

O sistema permite ao Administrador gerenciar as lojas cadastradas, bem como relacionar os pontos de calibração a uma determinada loja, gerenciar os usuários cadastrados, enviar mensagens de emergência a um ou mais Usuários, gerenciar o cadastro das áreas lógicas, visualizar o registro de todas as ações realizadas no sistema, além de acumular todas as funções que os Lojistas podem realizar.

Já os Lojistas e seus Funcionários podem cadastrar e gerenciar todos os produtos que desejarem, bem como as propagandas que serão exibidas aos seus clientes. Além disso, as propagandas podem ser programadas para serem exibidas em um determinado horário do dia.

Basicamente o que diferencia o perfil de Lojista do perfil de Funcionário é o direito de cadastrar novos Funcionários que, obviamente, só é concedido para o Lojista. Ambos os perfis não possuem o privilégio de envio de mensagens aos Usuários.

Por último, os Usuários não possuem nenhum privilégio e apenas conseguem visualizar as propagandas a eles direcionadas, bem como os produtos cadastrados de uma loja. Para isso, utilizam o módulo Shopping e visualizam essas informações diretamente no seu dispositivo móvel.

4.4.6.1. Segurança

A fim de garantir a segurança mínima necessária para os usuários do sistema, diversas medidas foram adotadas:

4.4.6.1.1. Senhas de Acesso

As senhas de acesso ao sistema, antes de serem armazenadas no banco de dados são criptografadas utilizando-se o algoritmo de criptografia SHA-1 que impede a sua posterior recuperação, até mesmo por parte do administrador [1].

Em caso de esquecimento ou perda da senha o administrador pode apenas apagar a senha antiga e gerar uma nova senha, mas nunca visualizá-la.

4.4.6.1.2. Perfis de Acesso

Para eliminar a possibilidade de algum usuário mal intencionado realizar alguma ação no sistema da qual não deveria ter acesso, foram criados os perfis de acesso. Inicialmente antes de mostrar qualquer página, o sistema valida se o perfil de quem está solicitando aquela página está autorizado para só então exibi-la de fato. Caso o perfil [3] não possua o privilégio necessário, o sistema automaticamente realiza um LogOff.

4.4.6.1.3. Ouras Medidas

Todas as páginas se comunicam através de variáveis de sessão e expiram automaticamente caso ocorra um período de inatividade de pelo menos 15 minutos [2].

Os menus de acesso ao Portal são personalizados e montados de acordo com o perfil de acesso de cada usuário, isso restringe as páginas que cada perfil consegue visualizar.

As páginas não ficam armazenadas em cache e ao entrar no sistema um cookie é criado para cada usuário e as variáveis de sessão são inicializadas. Ao realizar o LogOff as variáveis de sessão são finalizadas e o browser é fechado.

4.4.6.2. Diagrama de Classes do Portal

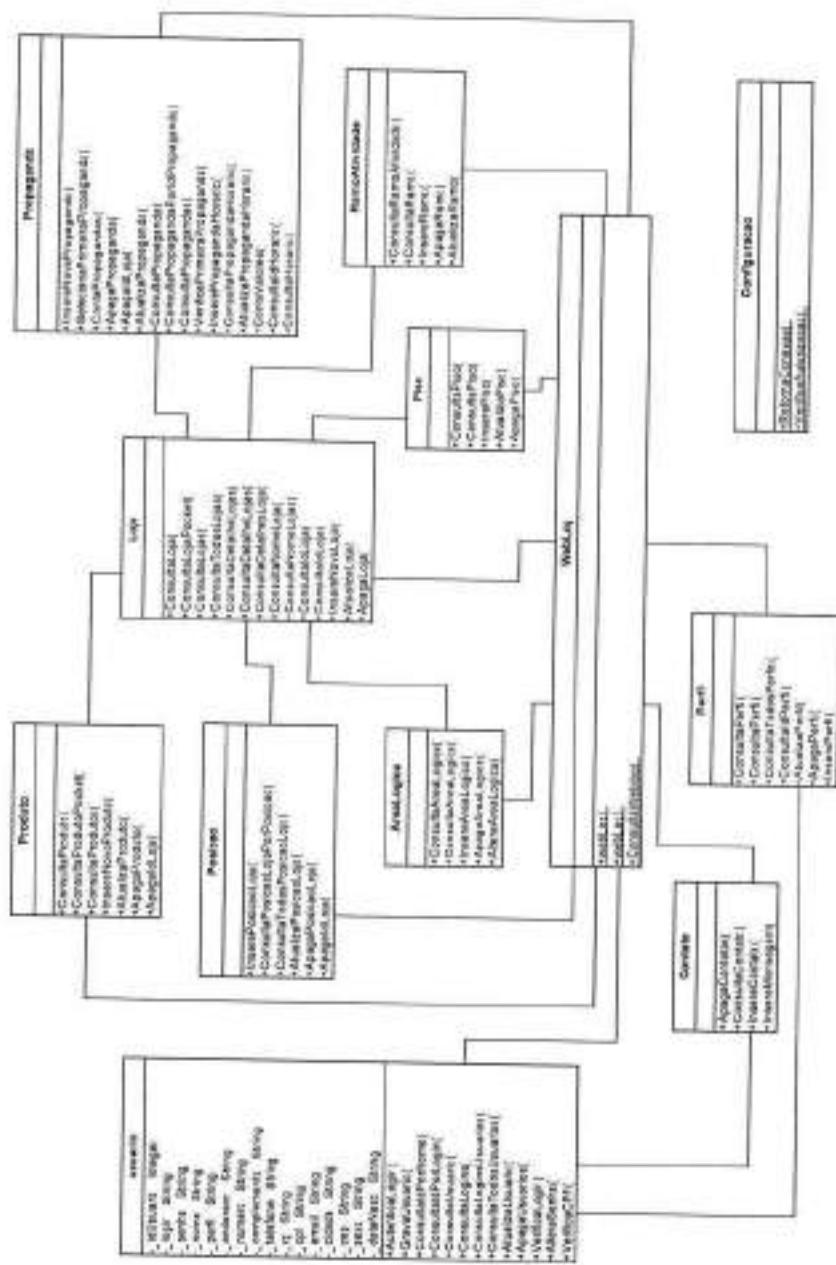


Figura 34 - Diagrama de Classes do Portal

4.4.6.3. Diagramas de Seqüência do Portal

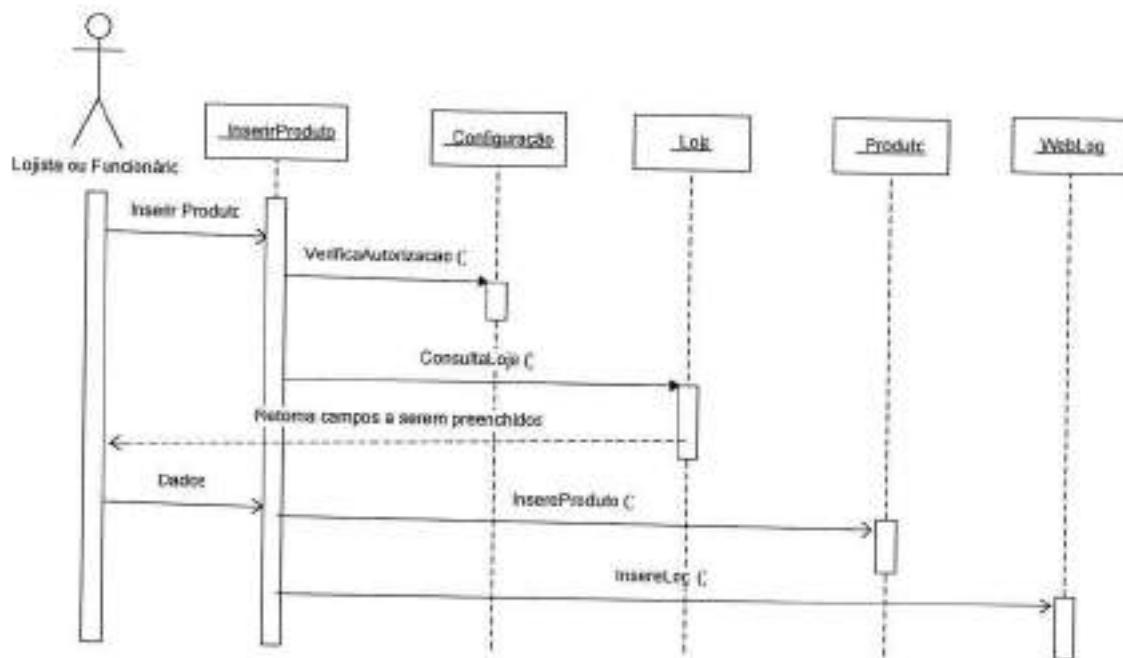


Figura 35 - Diagrama de Seqüência de inserção de um produto

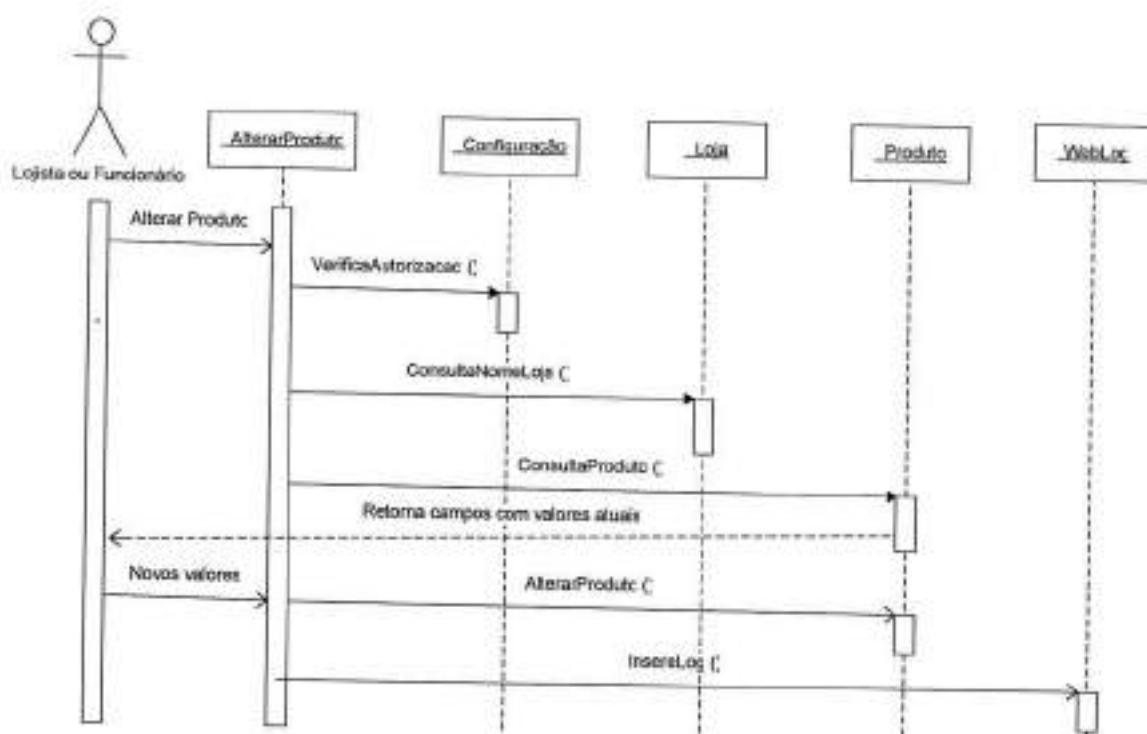


Figura 36 - Diagrama de Seqüência de alteração de um produto

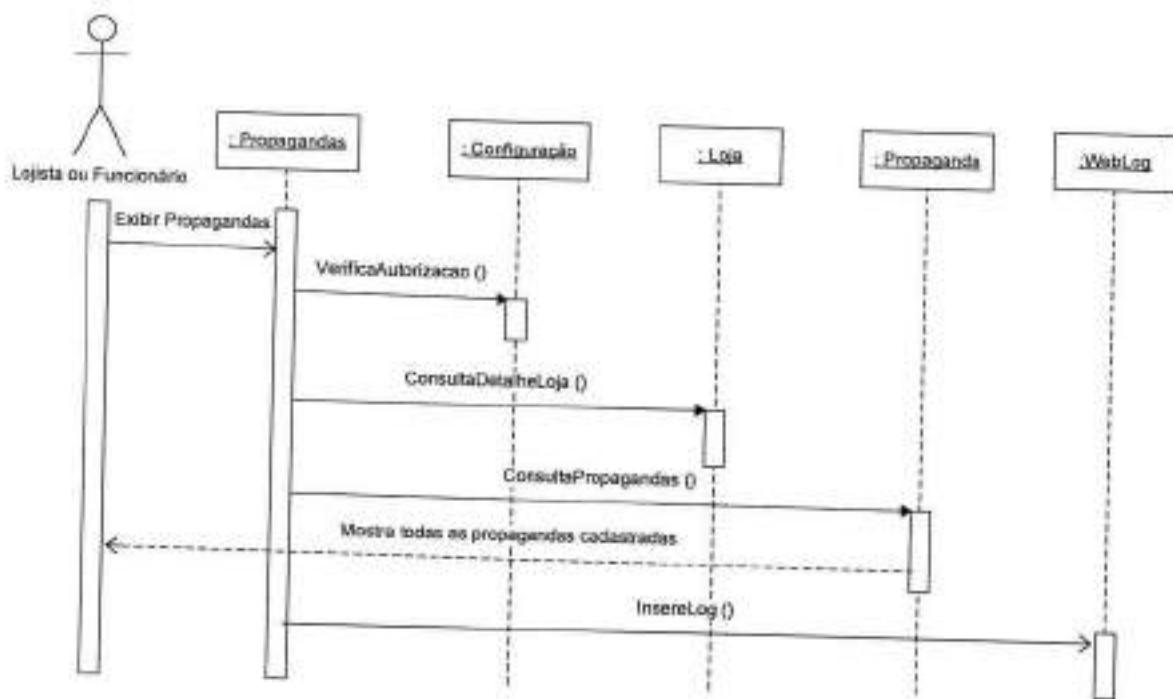


Figura 37 - Diagrama de Seqüência de exibição de uma propaganda

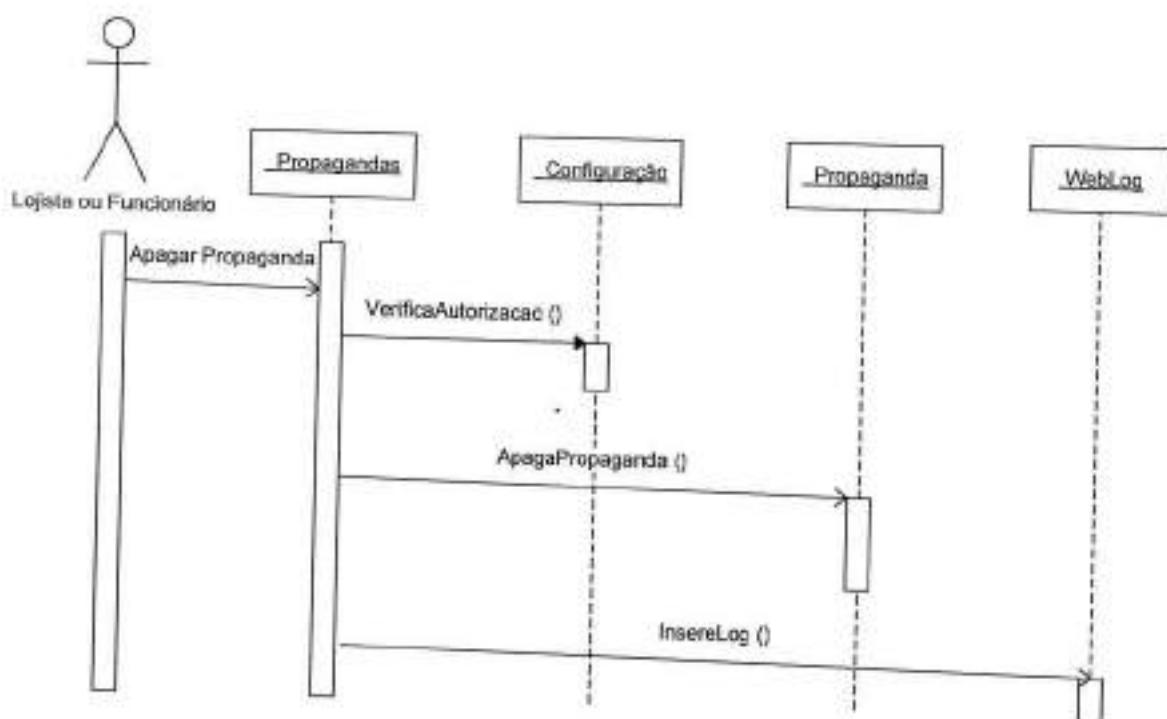


Figura 38 - Diagrama de Seqüência de exclusão de uma propaganda

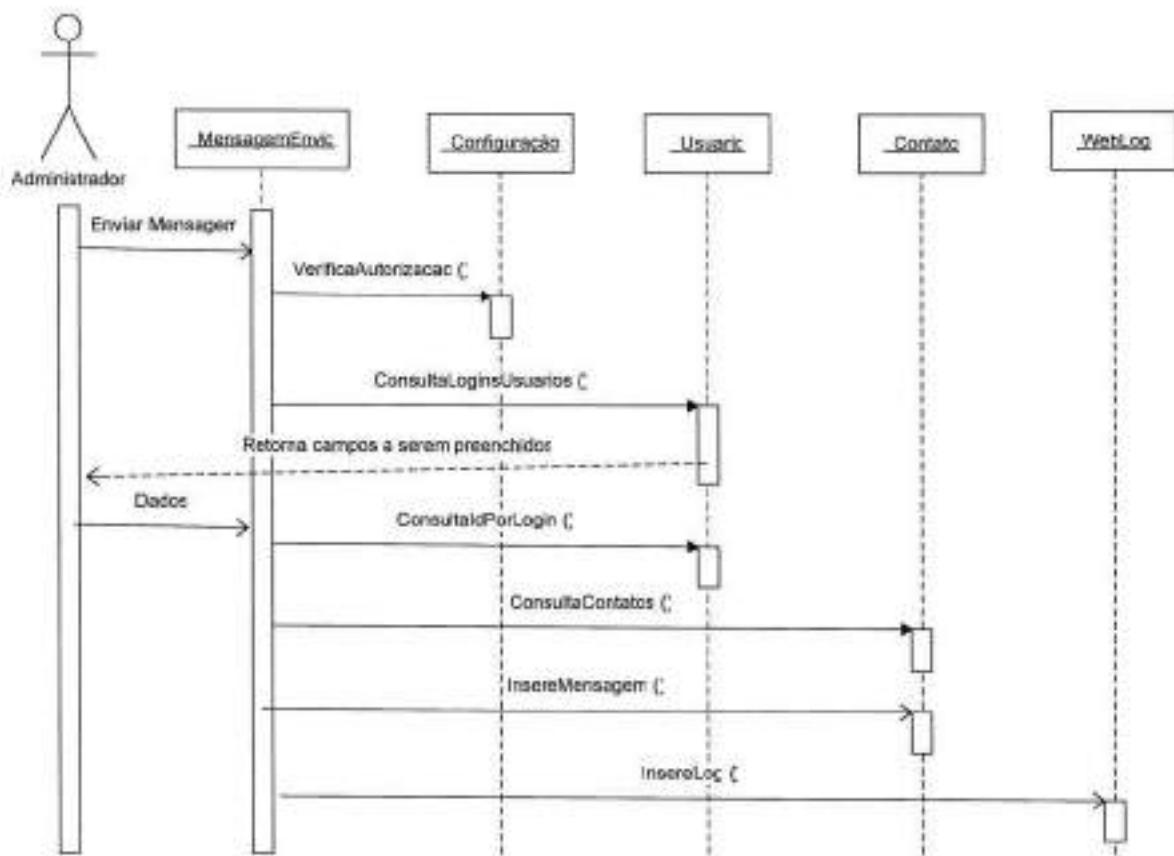


Figura 39 - Diagrama de Seqüência de envio de mensagem

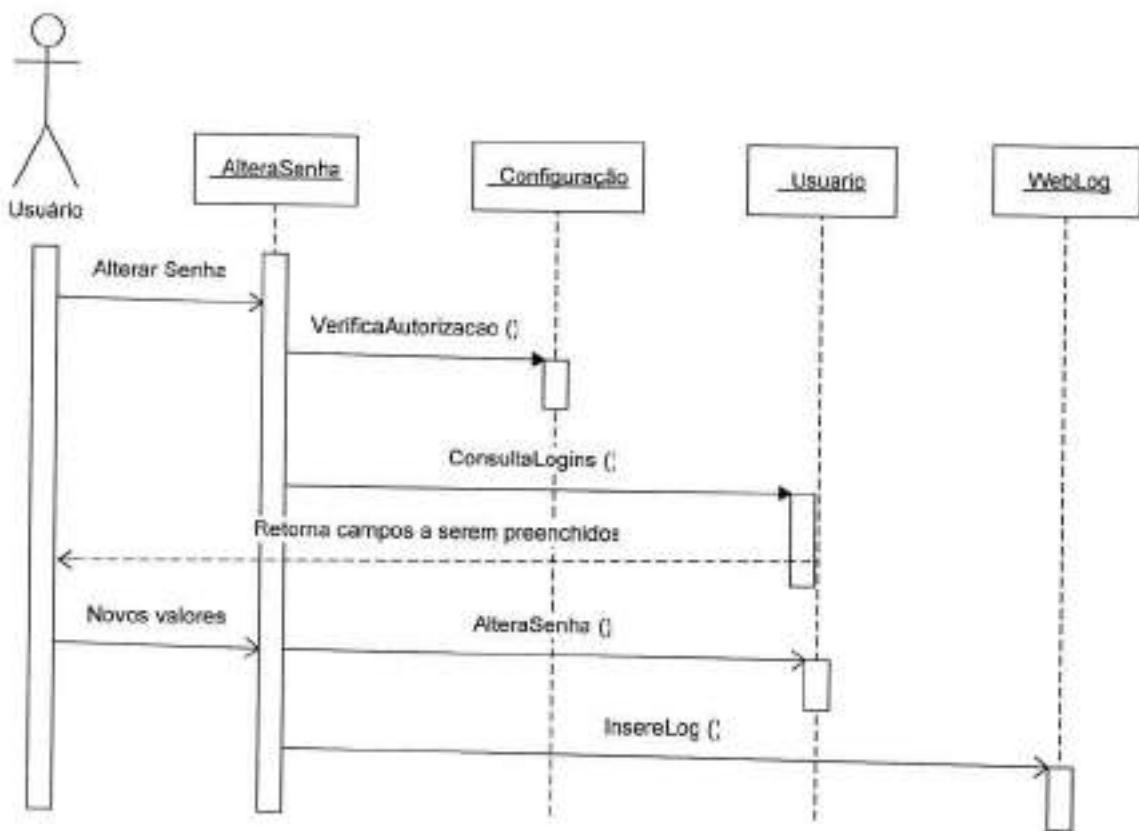


Figura 40 - Diagrama de Seqüência de alteração de senha

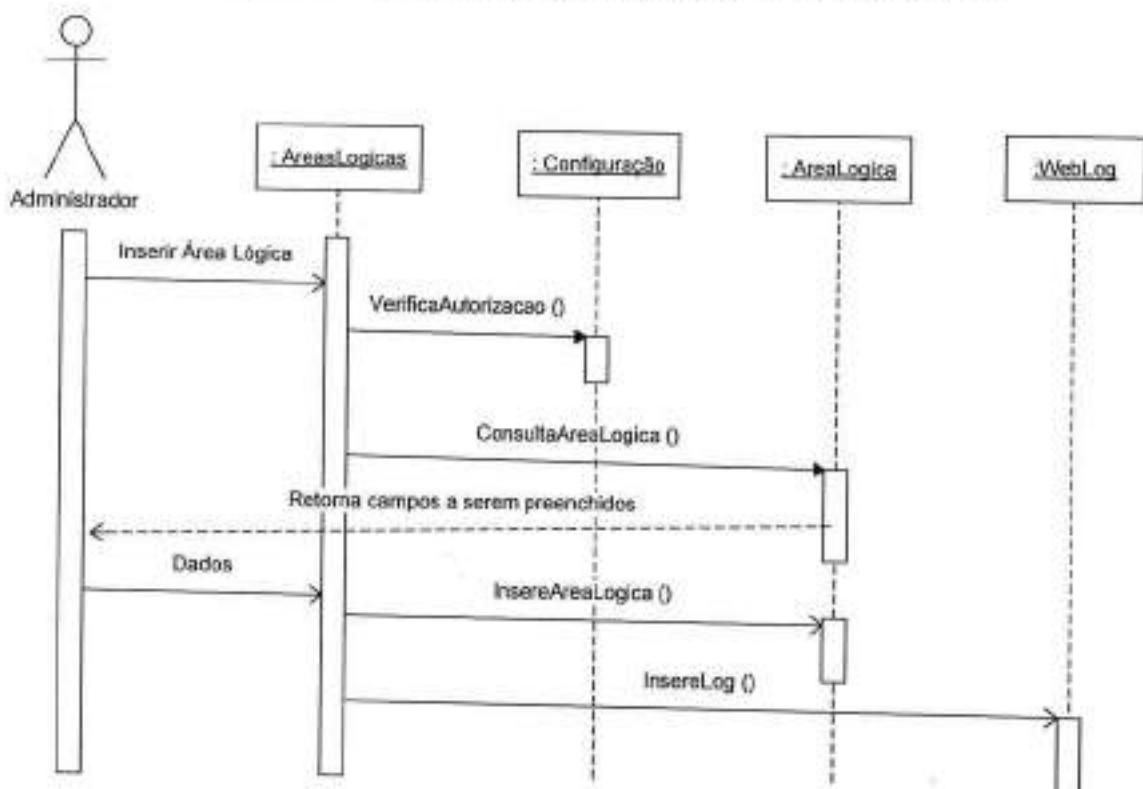


Figura 41 - Diagrama de Seqüência de inserção de área lógica

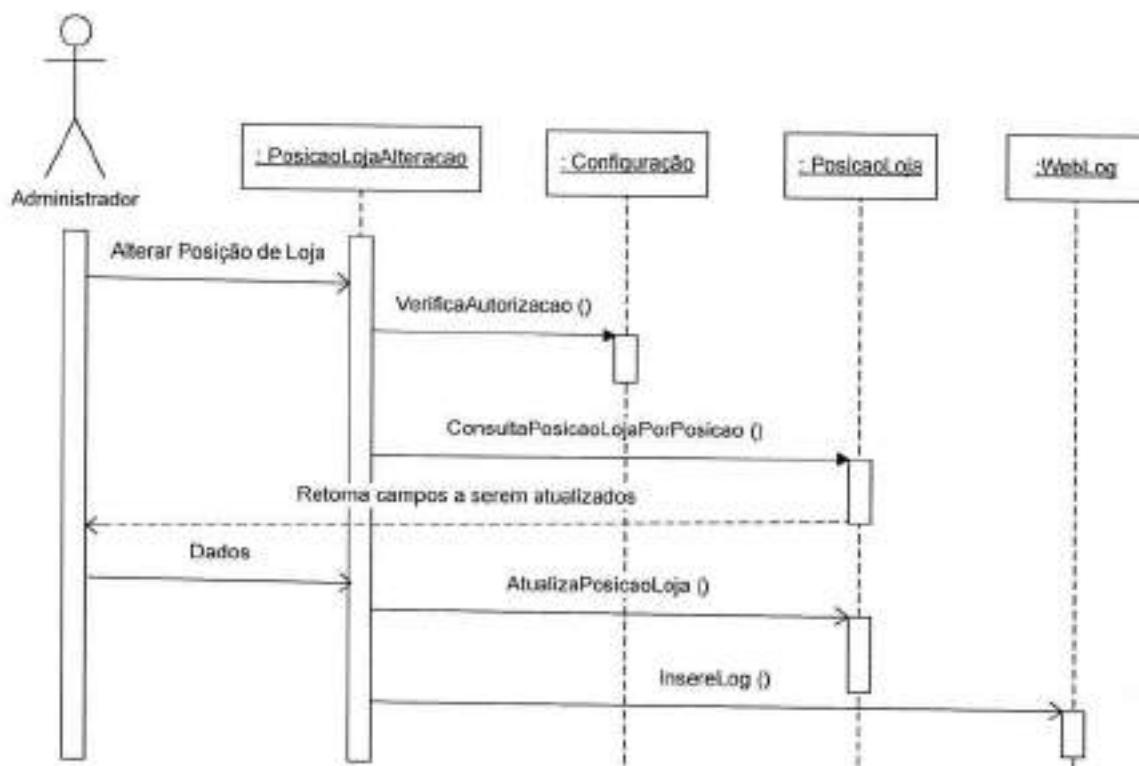


Figura 42 - Diagrama de Seqüência de alteração de posição de loja

4.4.6.4. Implementação do Banco de Dados do Portal

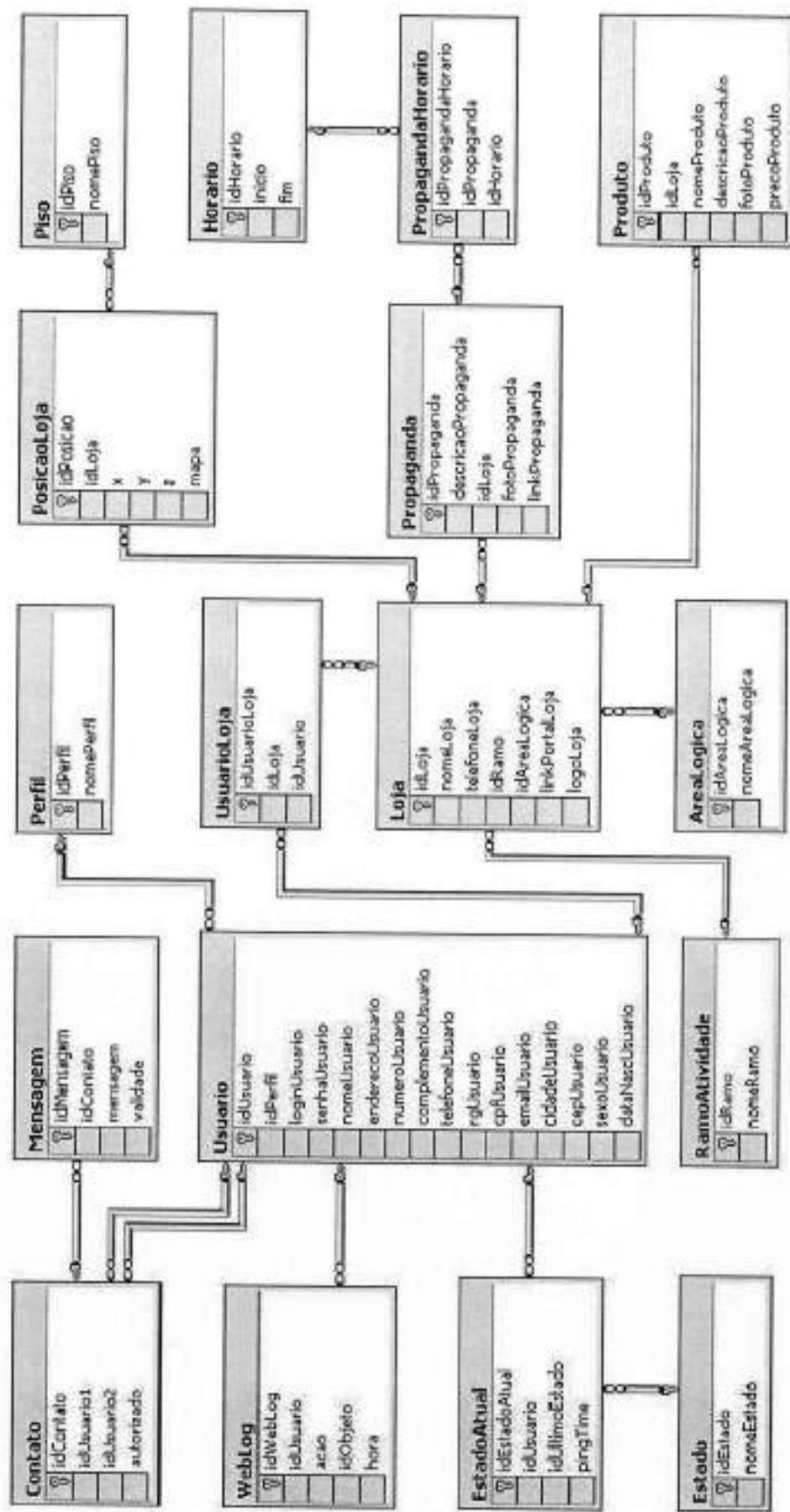


Figura 43 - Implementação do Banco de Dados do Portal

4.4.6.5. Interface Homem-Máquina

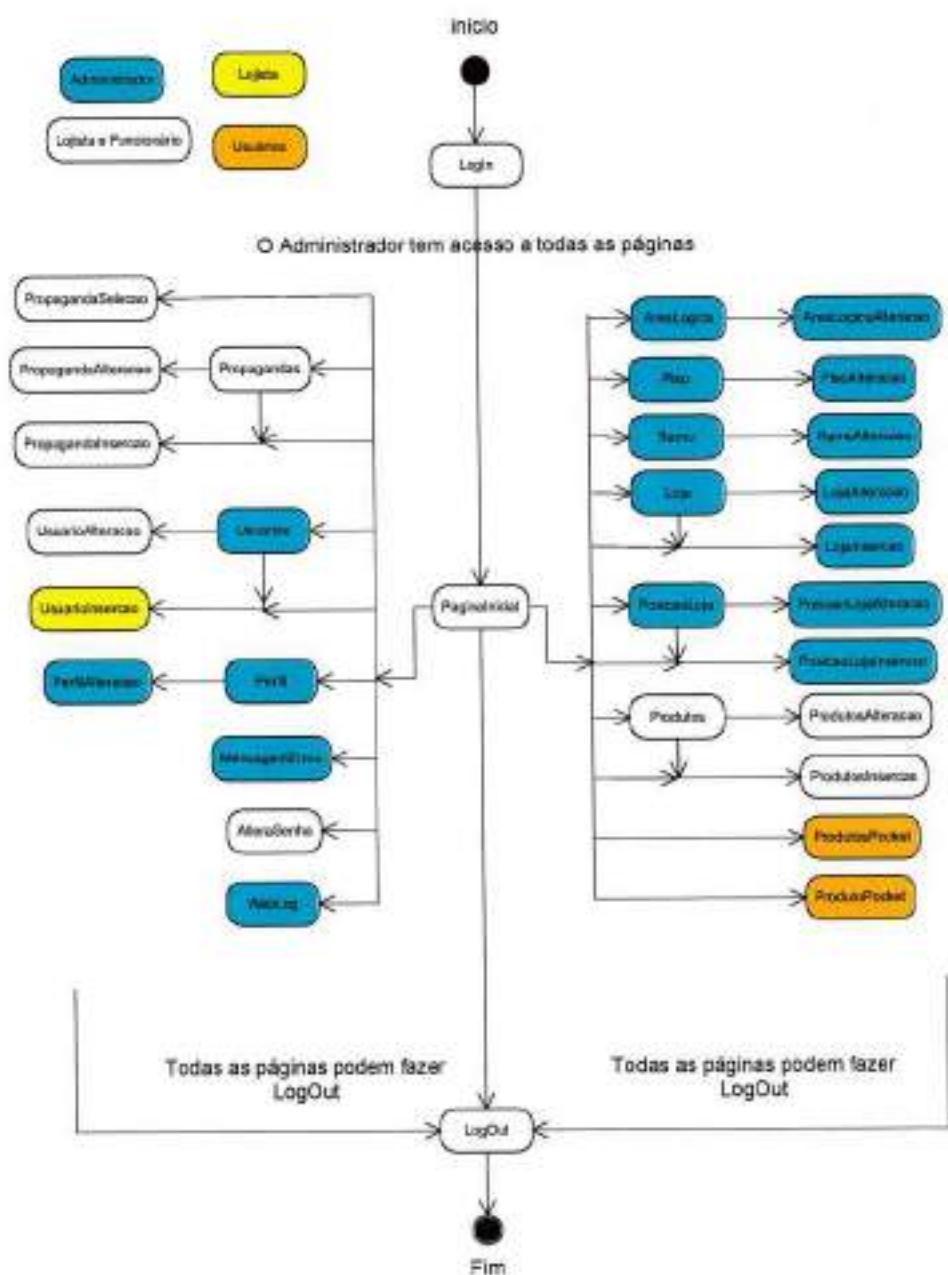


Figura 44 - Interface Homem-Máquina do Portal

4.5. Arquitetura Técnica

4.5.1. Arquitetura de Hardware

Os principais componentes da arquitetura de hardware do projeto são apresentados na Figura 45.

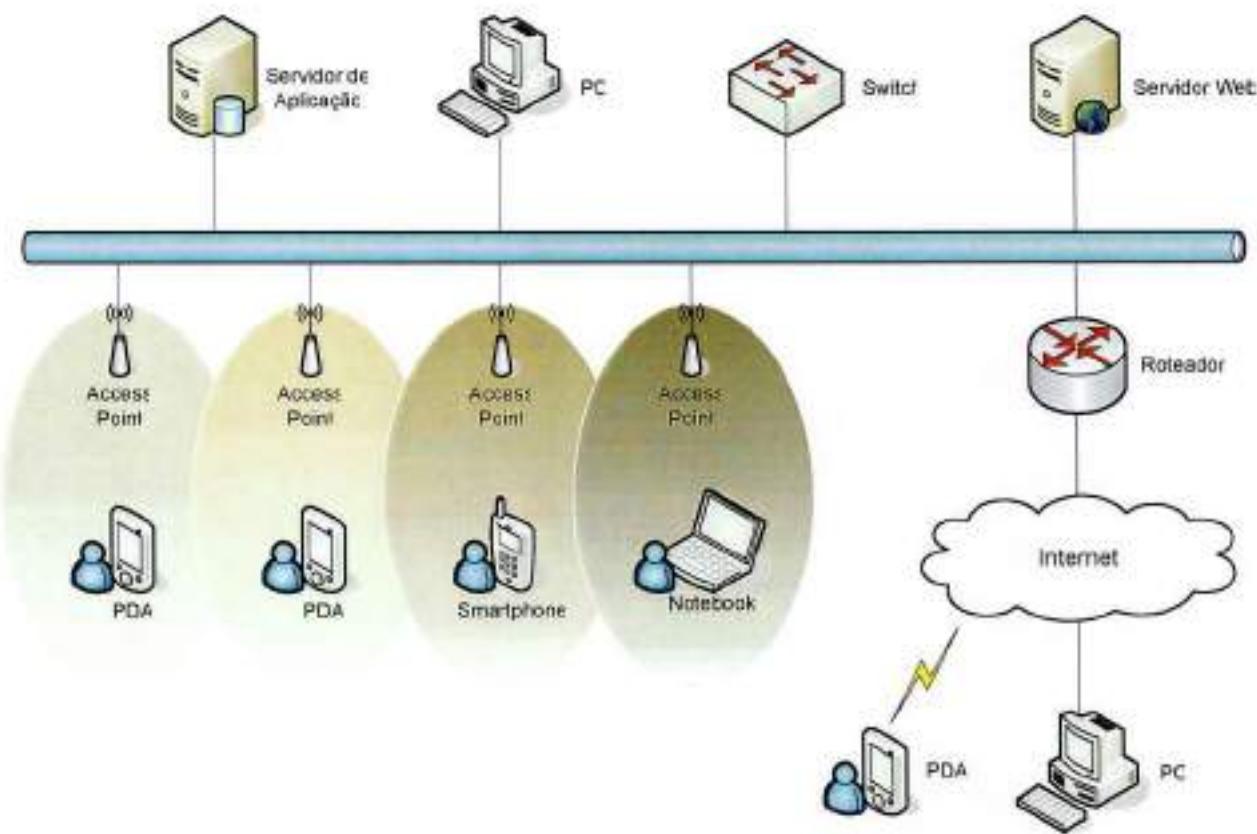


Figura 45 - Arquitetura de Hardware do Sistema

Cada um dos componentes apresentados na Figura 45, estão detalhados nos itens 4.5.1.1, 4.5.1.2, 4.5.1.3, 4.5.1.4, 4.5.1.5, 4.5.1.6, 4.5.1.7, 4.5.1.8, 4.5.1.9, 4.5.1.10, 4.5.1.11 e 4.5.1.12.

4.5.1.1.Servidor de Aplicação

Este é o componente “core” do projeto. Neste servidor serão implantadas as funcionalidades descritas do Sistema.

4.5.1.2.Servidor Web

Este é o componente responsável pela disponibilização das informações do sistema através da *web*.

4.5.1.3.Pontos de Acesso

Os *pontos de acesso* são os componentes responsáveis pelo provisionamento de acesso sem-fio aos usuários do sistema. Isso se dará através de equipamentos comercialmente disponíveis com custo aproximado de US\$ 90 cada.

Os pontos de acesso a serem utilizados no projeto serão baseados na tecnologia Wi-Fi, já apresentada no item 3. Uma possível solução para este componente, seria o Netgear WG602, conforme Figura 46.



Figura 46 - Netgear WG602

Uma aplicação típica deste equipamento num ambiente sem-fio é apresentada na

Figura 47.

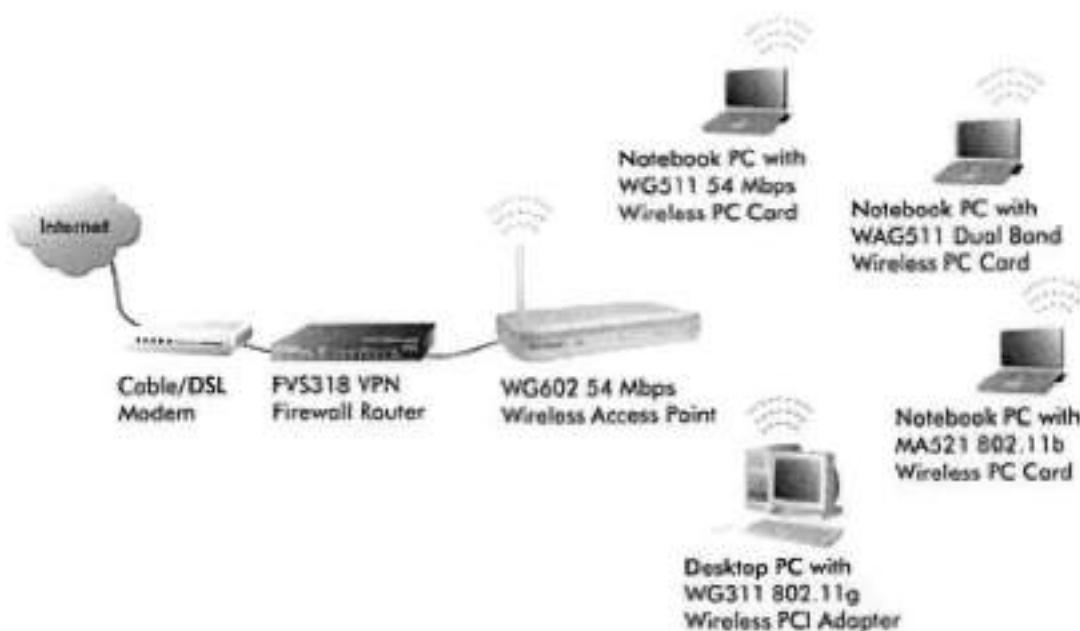


Figura 47 - Arquitetura típica de um Ponto de Acesso

4.5.1.4.Switch

Os *switches* são os componentes responsáveis pela interligação entre os equipamentos em ambiente com fio. O padrão escolhido é o FastEthernet, que permitirá a transmissão de dados a uma taxa de 100Mbps. Uma possível solução para este equipamento são os *switches* SuperStack da 3COM (vide Figura 48). O custo estimado deste equipamento é de cerca de US\$ 800 cada.

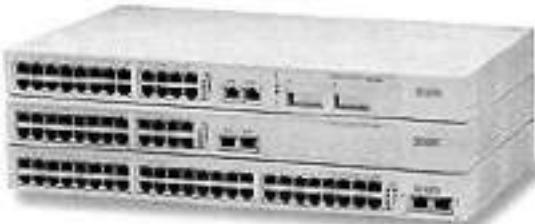


Figura 48 - SuperStack 3COM

4.5.1.5.Roteadores

Os roteadores são os componentes que possibilitarão a interligação da rede compreendida pelo sistema com a Internet e demais redes. Para tanto, este equipamento deve possuir ao menos 1 interface serial e 1 interface FastEthernet. Uma possível solução para este equipamento são os roteadores da série 2500 da Cisco Systems (vide Figura 49). O custo aproximado deste equipamento é de cerca de US\$ 4000 cada.

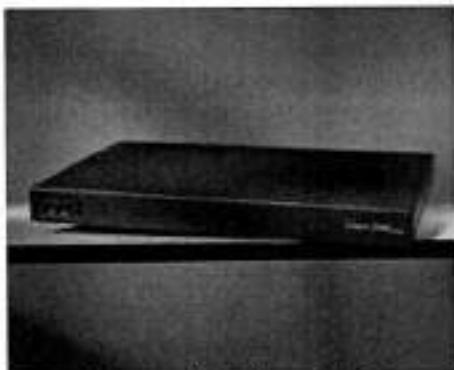


Figura 49 - Cisco 2500

4.5.1.6.PDAs

Os *Personal Digital Assistants* exerçerão o papel de clientes do sistema. Para tanto, pode ser necessário adotar adaptadores Wi-Fi apresentados nesta seção. No entanto, existem possíveis soluções que não necessitam destes adaptadores, tais como o Dell AXIM X50, apresentado na Figura 50. Os PDAs devem possuir boa capacidade de processamento e memória. O custo aproximado deste equipamento é de cerca de US\$ 500 cada.



Figura 50 - Dell AXIM X50

A Tabela 20 apresenta as características técnicas deste equipamento que preenche as necessidades do projeto.

Processador	Intel® XScale™ PXA270 520MHz
Sistema operacional	Microsoft® Windows Mobile™ 2003 Second Edition com Windows Media Player 10 Mobile
Memória	RAM: 64MB SDRAM ROM: 128MB Intel StrataFlash® memory
Display	TFT Color 16-bit, Touch Sensitive, Transflective LCD 3.5 inches 240 x 320 resolution at 65,536 colors (QVGA)
Dimensões	Comprimento: 119 mm Largura: 73 mm Altura: 16.9 mm
Peso	167 g

Tabela 20 - Características técnicas do Dell Axim X50

4.5.1.7.Smartphone

Os *smartphones* exerçerão o papel de clientes do sistema. Para tanto, necessitarão ter como sistema operacional uma versão do sistema operacional Windows Mobile e Wi-Fi. Para isso, pode ser necessário adotar adaptadores Wi-Fi apresentados nesta seção. Uma possível solução para este equipamento é o Treo 700w (vide Figura 51).



Figura 51 - Palm Treo 700w

4.5.1.8.PC

Os PCs exerçerão o papel de clientes do sistema. Para tanto, pode ser necessário adotar adaptadores Wi-Fi apresentados nesta seção. Uma possível solução para este componente é o Dell Optiplex GX60SD (vide

Figura 52), cujo custo é de aproximadamente US\$ 600.



Figura 52 - Dell Optiplex GX60SD

4.5.1.9. Notebook

Os *Notebooks* exerçerão o papel de clientes do sistema. Para tanto, pode ser necessário adotar adaptadores Wi-Fi apresentados nesta seção. Uma possível solução para este componente é o Notebook LatitudeTM 100L (vide Figura 53), cujo custo é de aproximadamente US\$ 1000.



Figura 53 - Dell Latitude 100L

4.5.1.10. Adaptadores Wi-Fi USB

Os adaptadores Wi-Fi são os componentes responsáveis pela conexão sem-fio entre os clientes (PCs, PDAs e *notebooks*) com a rede Wi-Fi. Tais adaptadores devem seguir os padrões IEEE 802.11g para garantir melhores condições de performance e segurança. Uma possível solução para este componente é o Netgear WG111 apresentado na Figura 54. O custo aproximado deste componente é de US\$ 55.



Figura 54 - Netgear WG111

4.5.1.11. Adaptadores Wi-Fi USB

Uma alternativa para os adaptadores Wi-Fi USB são os adaptadores para os slots PCMCIA. A aplicação típica deste componente em um ambiente sem-fio é semelhante à do adaptador Wi-Fi USB. Uma possível solução para este componente é o Linksys WPC54G, apresentada na Figura 55. O custo aproximado deste equipamento é de cerca de US\$ 98 cada.



Figura 55 - Linksys WPC54G

4.5.1.12. Adaptadores Wi-Fi Compact Flash

Para PDAs ou *smartphones*, uma alternativa que provê funcionalidade de comunicação sem-fio no padrão IEEE 802.11g são os adaptadores Wi-Fi *Compact Flash*. Uma possível solução para este componente é o Linksys WCF54G *CompactFlash Card*, apresentada na Figura 56. O custo aproximado deste equipamento é de cerca de US\$ 45 cada.



Figura 56 - Linksys WCF54G

4.5.2. Arquitetura de Software

Os principais componentes da arquitetura de software do projeto são apresentados na Figura 57.

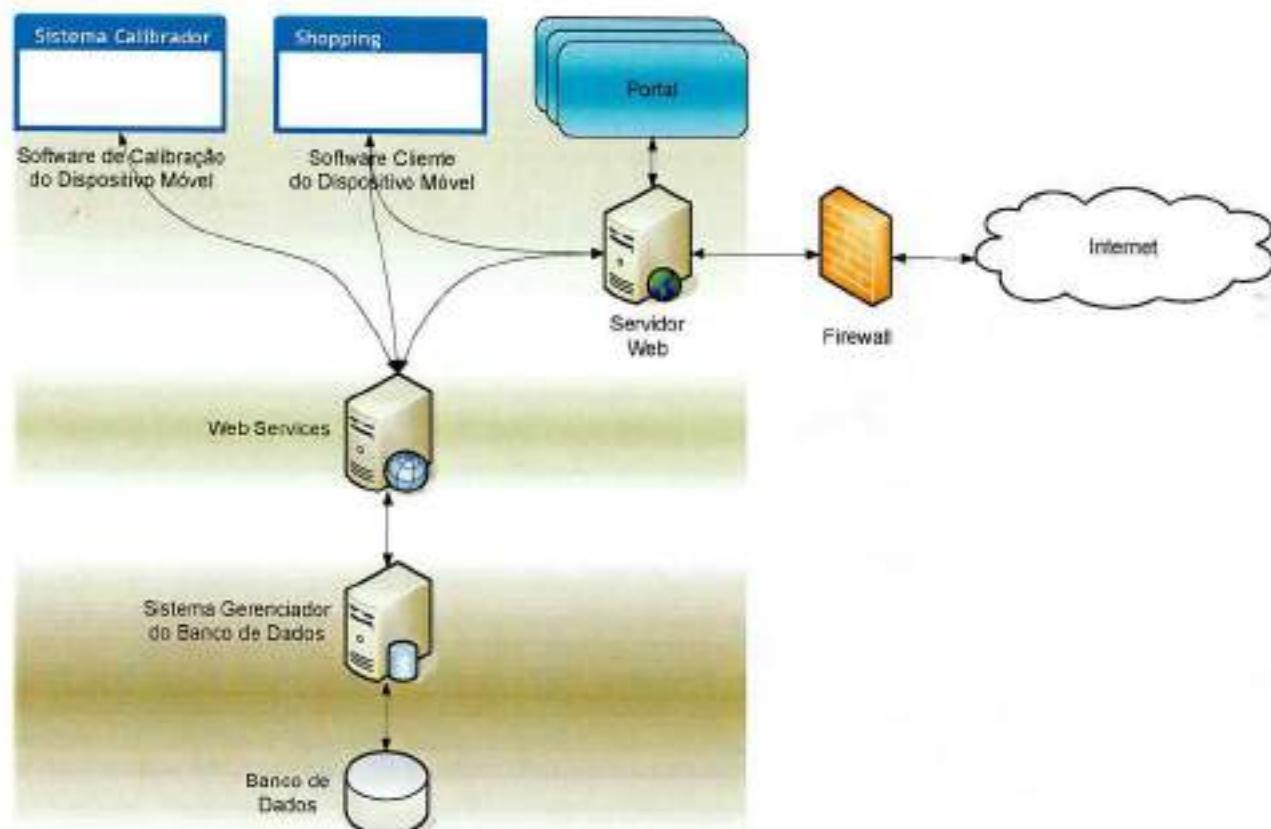


Figura 57 - Diagrama da Arquitetura de Software do Sistema

Cada um dos componentes apresentados na Figura 57, estão detalhados nos itens a seguir.

4.5.2.1. Software de Calibração do Dispositivo Móvel

Esse programa será desenvolvido para realizar a calibração do sistema de localização, sendo responsável por gravar a posição do dispositivo móvel e a intensidade de sinais

captados dos *pontos de acesso* no banco de dados, através da comunicação com o *Web Service*.

4.5.2.2. Software Cliente do Dispositivo Móvel (*Shopping*)

Produto responsável por determinar a localização do dispositivo móvel, para isso, sendo necessária a comunicação com o *Web Service*, disponibilizado para obtenção de dados e para o cálculo da localização, entre outras funções. Também existe a comunicação entre o *Shopping* e o Servidor *Web*, para a obtenção de páginas do Portal, de acordo com a localização do dispositivo.

4.5.2.3. Portal

Consiste num sistema *web* responsável por alimentar o banco de dados com informações necessárias para o correto funcionamento do Software Cliente do Dispositivo Móvel. As transações com o banco de dados são realizadas através do Servidor *Web* que, por sua vez, comunica-se com o *Web Service*.

4.5.2.4. Servidor Web

O Servidor *Web* é responsável por disponibilizar o Portal, por solicitar dados necessários através da comunicação com o *Web Service* e por prover acesso à Internet através do *Firewall*.

Uma possível solução para este serviço é o IIS (*Internet Information Services*) da Microsoft. Uma de suas características mais utilizadas é a geração de páginas HTML (*Hyper*

Text Markup Language) dinâmicas, que diferentemente de outros servidores *web*, utiliza tecnologia proprietária, o ASP (*Active Service Pages*), mas também pode usar outras tecnologias com adição de módulos de terceiros.

4.5.2.5. Sistema Gerenciador do Banco de Dados

Responsável por gerenciar o Banco de Dados, onde são armazenados os dados necessários para o correto funcionamento do sistema. Todos os seus acessos são provenientes do Web Service, não sendo possível, por nenhum dos produtos de Software, comunicação direta ao banco de dados. Uma possível solução na implementação é o MySQL.

O MySQL [28] é um sistema que usa a linguagem SQL (*Structured Query Language – Linguagem de Consulta Estruturada*) como interface. As principais características do MySQL são: portabilidade (suporta praticamente qualquer plataforma atual), compatibilidade (existem drivers ODBC, JDBC e .NET e módulos de interface para diversas linguagens de programação), excelente desempenho e estabilidade, pouco exigente em termos de recursos de hardware e é um software livre.

4.5.2.6. Web Service

Os *Web Services* permitem a integração entre sistemas e compatibilidade de aplicações. Com esta tecnologia é possível que sistemas desenvolvidos em plataformas diferentes sejam compatíveis. O *Web Service* criado é responsável por realizar transações com o banco de dados comunicando-se com o Sistema Gerenciador do Banco de Dados e, também, pelos cálculos de localização de um dispositivo móvel.

4.5.2.7. Firewall

Software que tem por função regular o tráfego de rede entre redes distintas e impedir transmissão de dados nocivos ou não autorizados de uma rede a outra.

5. Conclusões

Conforme demonstrado e explicado nos itens anteriores, chega-se à conclusão de que devido à expansão da área de cobertura das provedoras de serviços móveis e à familiarização dos usuários com as tecnologias desenvolvidas, o mercado de mobilidade e de aplicações móveis vem mostrando forte crescimento nos últimos anos. Junto com esse crescimento, surge naturalmente, a necessidade de aplicações que sejam capazes de atender às expectativas propiciadas por essas novas tecnologias.

Neste contexto, a tecnologia Wi-Fi possibilita uma imensa variedade de projetos e aplicações, entre elas, as baseadas na localização de dispositivos móveis e que antes existiam apenas na imaginação de alguns entusiastas tecnológicos.

No projeto desenvolvido foi possível demonstrar algumas dessas novas possibilidades e funcionalidades, além de definir e implementar um algoritmo que é capaz de determinar a localização de um dispositivo móvel com um erro médio menor do que todos os outros métodos que foram analisados.

Nos diversos testes realizados conseguimos obter um erro médio de aproximadamente 2,5 m. Porém o nosso melhor resultado obtido foi de 1,5 m de erro médio. Isto reflete o quanto instável é o ambiente de uma rede sem fio e o quanto difícil é para que se melhorem os resultados dos algoritmos de localização.

As possíveis melhorias para o projeto seriam: a diminuição do tempo de resposta do algoritmo, a diminuição do tempo de calibração e a criação de uma interface gráfica mais elaborada para o software calibrador do sistema.

6. Referências

- [1] Criptografia - Acesso em: 15 jul. 2005 - Disponível em:
<http://www.imasters.com.br/artigo.php?cn=3120&cc=109>
- [2] IIS e .NET - Acesso em: 23 jun. 2005 - Disponível em:
<http://www.macoratti.net/indaspn.htm>
http://www.macoratti.net/aspn_aim.htm
- [3] JavaScripts - Acesso em: 19 ago. 2005 - Disponível em:
<http://www.js-examples.com/js/>
- [4] Nguyen, Donald - "Where Am I? An Evaluation of Localization for Wireless Ethernet" - May, 2004.
- [5] Camponovo, Giovanni; Heitmann, Mark; Stancevska-Slabeva, Katarina e Pigneur, Yves. - "Exploring the WISP Industry Swiss Case Study" - 16th Bled Electronic Commerce Conference e Transformation" - Bled, Slovenia, June 9 – 11, 2003
- [6] Junglas, Iris A. - "An Experimental Investigation of Location-Based Services" - 38th Hawaii International Conference on System Sciences - 2005
- [7] Krumm, John and Horvitz, Eric - "LOCADIO: Inferring Motion and Location from Wi-Fi Signal Strengths" - First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services" - August 22-26, 2004, Boston, MA, USA.
- [8] Shopping Eldorado - Acesso em: 22 jun. 2005 - Disponível em:
<http://www.shoppingeldorado.com.br>
- [9] Shopping Morumbi - Acesso em: 21 jun. 2005 - Disponível em:
<http://www.morumbishopping.com.br>
- [10] Shopping Market Place - Acesso em: 21 jun. 2005 - Disponível em:
<http://www.marketplace.com.br/estatisticas.asp>
- [11] Shopping Iguatemi - Acesso em: 22 jun. 2005 - Disponível em:
<http://www.iguatemiapaulo.com.br/estatisticas.asp>
- [12] Vex - Acesso em: 25 jun. 2005 - Disponível em:
<http://www.vexbr.com.br>
<http://www.vexbr.com.br/parceiros.html>
- [13] Castro, Paulo; Chiu, Patrick; Kremenek, Ted; Muntz, Richard - "A Probabilistic Room Location Service for Wireless Networked Environments" - International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp), Atlanta, GA, Sept. 2001.
- [14] Pyramid Research - Acesso em: 28 jun. 2005 - Disponível em:
http://www.pyramidresearch.com/pt_bric.htm

- [15] Redman, P.; Dulaney, K.; Chapman, J.; Jones, N.; King, M. and Woods, J. - "Hype Cycle for Wireless Networking, 2004 - Strategic Analysis Report" - 9 June 2004
- [16] Wexler, Joanie and Taylor, Steven - 2004 Wireless LAN State of the Market Report - February, 2004.
- [17] "Mobile E-Commerce and Location-Based Services: Technology and Requirements" - University of Jyväskylä, Information Technology Research Institute, Finland.
- [18] Whitehouse, Kamin; Karlof, Chris and Culler, David - "Radio Signal Strength Localization without Dense, Pre-deployed Anchor Nodes" - Computer Science Department, UC Berkeley
- [19] Xiang, Z.; Song, S.; Chen, J.; Wang, H.; Huang, J. and Gao, X - "A wireless LAN based indoor positioning technology" - IBM Research Division - September 1, 2004
- [20] F. Hermann and F. Heidmann, - "User Requirement Analysis and Interface Conception for a Mobile, Location-Based Fair Guide" - Mobile HCI 2002, Lecture Notes in Computer Science, v. 2411, pp.388-392.
- [21] Fabien Girardin, Fabien - "Building a *mobile, locative, and collaborative* application" - Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne - February 2005.
- [22] Battiti, Roberto; Brunato, Mauro and Villani, Alessandro - "How to determine the location of a mobile user in Wi-Fi" - WILMA Workshop, Trento (Italy), November 8, 2002
- [23] Bahl, P.; Padmanabhan, V. - "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System." - IEEE INFOCOM 2000, Tel-Aviv, Israel, March 2000. IEEE Computer Society Press.
- [24] Roos, Teemu; Myllymäki, Petri; Tirri, Henry; Misikangas, Pauli; Sievänen, Juha - "A Probabilistic Approach to WLAN User Location Estimation" - International Journal of Wireless Information Networks, Vol. 9, No. 3, July 2002
- [25] Lee, Seong Ho; Nam, Kwang Woo, and Kim, Kwang Soo - "The Location-based Services in Local Area using Wireless LAN", Daejeon, KOREA.
- [26] Ekahau - Acesso em: 31 mai. 2005 - Disponível em:
<http://www.ekahau.com/?id=4500>
- [27] OpenNetCF - Acesso em: 07 jun. 2005 - Disponível em:
<http://www.opennetcf.org/CategoryView.aspx?category=Home>
- [28] MySQL - Acesso em: 03 ago. 2005 - Disponível em:
<http://dev.mysql.com/downloads/mysql/5.0.html>
- [29] Telefonica - Acesso em: 25 jun. 2005 - Disponível em:
http://www.telefonica.com.br/internas/links/link_wifi.htm