PAULA PATRICIA OLIVEIRA DA SILVA

UTILIZANDO A TECNOLOGIA SIG PARA ADICIONAR VALOR AOS SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO PARA USUÁRIOS DE DISPOSITIVOS MÓVEIS CELULARES

NCE/UFRJ 2004

UTILIZANDO A TECNOLOGIA SIG PARA ADICIONAR VALOR AOS SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO PARA USUÁRIOS DE DISPOSITIVOS MÓVEIS CELULARES

PAULA PATRICIA OLIVEIRA DA SILVA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
Instituto de Matemática - IM
Núcleo de Computação Eletrônica
Dissertação de Mestrado

Orientador: Prof. Ubiratan Porto dos Santos, Ph.D

Rio de Janeiro, RJ 2004

UTILIZANDO A TECNOLOGIA SIG PARA ADICIONAR VALOR AOS SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO PARA USUÁRIOS DE DISPOSITIVOS MÓVEIS CELULARES

PAULA PATRICIA OLIVEIRA DA SILVA

Dissertação de Mestrado submetida ao corpo docente do Instituto de Matemática e do Núcleo de Computação (IM/NCE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Informática.

Aprovada por:

Prof. Ubiratan Porto dos Santos, Ph.D.(Orientador)

Prof^a. Margareth Simões Penello Meirelles,
D.Sc.

Prof. Carlo Emmanoel Tola de Oliveira, Ph.D.

Rio de Janeiro, RJ 2004

Silva, Paula Patrícia Oliveira da

UTILIZANDO A TECNOLOGIA SIG PARA ADICIONAR VALOR AOS SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO PARA USUÁRIOS DE DISPOSITIVOS MÓVEIS CELULARES. / Paula Patrícia Oliveira da Silva.

Rio de Janeiro: UFRJ/IM/NCE, 2004.

XVI, 104P

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, IM/NCE, 2004.

1. Sistema de Informação Geográfica. 2. Sistemas Baseados em Localização.

"Se não houver frutos, valeu a beleza das flores; Se não houver flores, valeu a sombra das folhas; Se não houver folhas, valeu a intenção da semente".

HENFIL

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Grande Pai pelo dom da vida e pela graça de poder desfrutar do que ela me oferece todos os dias e às forças divinas que me protegem e me dão força e coragem para vencer os obstáculos do dia a dia e seguir em frente.

Ao meu pai Antônio Abel da Silva por tudo que ele representa pra mim.

À minha mãe Maria Oliveira pela confiança e apoio incondicionais.

À minha amada irmã, Célia, por estar comigo desde sempre, escutando, apoiando e socorrendo-me nos momentos difíceis.

A todos da minha família – tios, primos e avós (*in memorian*) – que, mesmo à distância, estão sempre presentes apoiando-me e apostando em meus sonhos, na maioria das vezes, ou até mesmo criticando e, com isso, laçando-me a novos desafios.

Ao Sérgio Roberto (Serginho) pela presença constante durante todo este período e pelo apoio e desafios proporcionados.

Ao meu orientador, professor Ubiratan Porto do Santos (Bira) que, desde o primeiro instante, foi, antes de tudo, amigo! Agradeço pelas palavras de incentivo e pela confiança depositada durante os momentos de incertezas.

Ao professor Carlos Alberto pela atenção dispensada e por sempre encontrar um tempinho para me ouvir.

Ao professor Carlo Emmanoel e Danielle Parga pela paciência com que atenderam às minhas solicitações e contribuírem para a realização deste trabalho.

À família CARTOGEO, em especial a Fábio Braga e Thatyana Dias, minha companheira de caminhada, amiga confidente e cúmplice na busca de novas

oportunidades. A presença de vocês trouxe alegrias e tornou a realização deste trabalho mais divertida.

A todos os meus amigos que estiveram presentes. Que não deixaram o tempo nem a distância apagar o brilho da nossa amizade. Meu carinho e agradecimento especiais para Carlos Alberto (Beto) pelo apoio durante o processo seletivo para o curso de mestrado e pelos cuidados e o acolhimento na minha chegada ao Rio.

Agradeço a todos da equipe NCE. Em especial, às secretárias da AEP (Lina e Adriana) e da secretaria de pós-graduação (tia Deise e Regina) pela dedicação e eficiência nos serviços prestados.

Enfim, agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Esta dissertação apresenta o estado da arte dos conceitos relacionados à tecnologia de Serviços Baseados em Localização (LBS) cuja implementação baseia-se no uso da informação de localização provida pelo sistema de telefonia móvel celular. O armazenamento, gerenciamento e tratamento desta informação de localização geográfica e o seu relacionamento com o mundo real é realizado utilizando a tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Foi desenvolvido, utilizando a linguagem UML, um modelo de uma aplicação LBS para usuários de aparelhos celulares que engloba funcionalidades SIG. Esta aplicação oferece um serviço de segurança para as transações financeiras realizadas via cartão magnético. Ela baseia-se na análise do perfil de compra e saques do cliente titular do cartão, da sua localização e da localização do terminal onde está sendo efetuada a transação financeira para liberar ou não a realização da mesma.

Palavras-chaves: Serviço Baseado em Localização (LBS), Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

ABSTRACT

This dissertation presents the state of the start of the concepts related to the Location Based Services (LBS) technology whose implementation is based on the use of location information provided by the Cellular Mobile Telephone system. The storage, management and manipulation of this geographic location information and its relationship with the real world is carried out by the Geographic Information System (GIS) technology.

A model of a LBS application for users of cell phones with GIS functionalities was developed using the language UML. This application offers a security service for financial transactions through bankers magnetic cards. It is based on the analysis of the cardholder buying and cash withdrawal profile, his position and the location of the cash dispenser equipment where the transaction is being made, to authorize it or not.

Key words: Location Based Services (LBS), Geographic Information System (GIS).

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS ETC.

1XRTT – Radio	Tranmission	Technol	logy
---------------	-------------	---------	------

- 1G Primeira Geração de Telefonia Móvel Celular
- **2** G Segunda Geração de Telefonia Móvel Celular
- **2,5 G** Segunda Geração e Meia de Telefonia Móvel Celular
- 3 G Terceira Geração de Telefonia Móvel Celular
- **AOA** Angle of Arrival
- **API** Application Programming Interface
- **B2C** Busimessto to Consummer
- **CAD** Computer-Aided Design
- **CASE** Computer Aided Software Engineering
- **CDMA** Code Division Multiple Access
- **CRM** Customer Relationship Management
- **DOM** Document Object Mode
- **EDGE** Enhanced Data for Global Evolution
- **ERB** Estações Rádio Base
- **FCC** Federal Communications Commission's
- GIS Geographic Information System
- **GLONASS** Global Navigation Satellite System

GML – Geographic Markup Language

GPRS – General Packed Radio Service

GPS – Global Positioning System

GSM – Global System for Mobile Communications

GSMA – *GSM Association*

LBS – Location Based Services.

LMU – Location Measurement Units

LSB – *Location Sensitive Billing*

MLP – Mobile Location Protocol

MMS – Multimedia Message Service

NAVSTAR – Navigation Satellite with Time e Ranging

OMT – Object Modeling Technique

OO – *Object Oriented*

PDA – Personal Digital Assistant.

SAX – *Simple* API for XML

SMLU – Serving Mobile Location Center

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SMS – Short Messaging Service

SVG – Scalable Vector Graphics

TDMA – Time Division Multiple Access

TDOA – Time Difference Of Arrival

 $\mathbf{UML}-\textit{Unified Modeling Language}$

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

WAP – Wireless Application Protocol

WGS – World Geodetic Systems

WML – Wireless Markup Language

WCDMA – *Wideband* CDMA

WMS – Web Map Service

XML – eXtensible Markup Language

XSL – *eXtensible Stylesheet Language*

XSLT – *eXtensible Stylesheet Language for Transformations*

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS ETC.	X
LISTA DE ILUSTRAÇÕES (GRÁFICOS, FIGURAS, TABELAS)	xvi
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação	
1.2 Objetivos	
1.3 Estrutura da dissertação	7
CAPÍTULO II	8
2 LBS – LOCATION BASED SERVICES	
2.1 COMPONENTES DE UM LBS	
2.1.1 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MÓVEL	
2.1.2 DISPOSITIVOS MÓVEIS	
2.1.3 TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO	
2.1.3.1 Mandato E-911	18
2.1.3.2 Tecnologias de Localização	19
2.1.3.2.1 Handset-Based	
2.1.3.2.1.1 GPS – Global Positioning System	20
2.1.3.2.2 Network-based	22
2.1.3.2.2.1 Cell-ID – Cell Identification	23
2.1.3.2.2.2 Cell-Sector	23
2.1.3.2.2.3 TDOA - Time Difference of Arrival	24
2.1.3.2.2.4 AOA - Angle of Arrival	25
2.1.3.2.3 Solução Híbrida	26
2.1.4 ARQUITETURA LBS	27
2.1.5 APLICAÇÕES LBS	
2.1.5.1 CLASSIFICAÇÃO	30

	2.1.5.1	.1 Serviços de Informação	30
	2.1.5.1	.2 Serviços de Tarifação baseada na Localização	30
	2.1.5.1	.3 Serviços de Emergência	31
	2.1.5.1	.4 Serviços de Rastreamento de Veículos e Pessoas	31
	2.1.5.1.	.5 Serviços tipo <i>M-commerce</i>	32
	2.1.5.1	.6 Serviços de Entretenimento e aproximação de pessoas	32
(CAPÍT	TULO III	4
3		- GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS	
	3.1	COMPONENTES DE UM SIG	36
	3.1.1	HARDWARE	37
	3.1.2	SOFTWARE	37
	3.1.3	DADOS	38
	3.1.3.1	Tipos de dados geográficos	38
	3.1.4	PESSOAS	41
	3.1.5	MÉTODOS	41
	3.2	FUNCIONALIDADES DE UM SIG	42
	3.2.1	CAPTURA DE DADOS ESPACIAIS	42
	3.2.2	GERÊNCIA DE DADOS ESPACIAIS	44
	3.2.2.1	GML - Geography Markup Language	45
	3.2.2.2	XSLT - eXtensible Stylesheet Language for Transformations	48
	3.2.2.3	SVG - Scalable Vector Graphics	49
	3.2.3	ANÁLISE ESPACIAL	51
	3.2.4	APRESENTAÇÃO DOS DADOS ESPACIAIS	52
(CAPÍT	TULO IV	4
4	O SI	ERVIÇO PROPOSTO54	4
	4.1	A ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS	56
	4.1.1	REQUISITOS FUNCIONAIS	57
	4.1.1.1	Os Atores	57
	4.1.1.2	Os Casos de Uso	58
	4.1.1.3	O Diagrama de Atividades	61
	4.1.1.3	.1 A Modelagem Literária	63
	4.1.2	REOUISITOS NÃO FUNCIONAIS	64

4.2 A MODELAGEM LÓGICA	65
4.2.1 O DIAGRAMA DE CLASSES	66
4.2.1.1 Especificação das Classes	68
4.2.2 O DIAGRAMA DE ESTADO	75
CAPÍTULO V	78
5 RESULTADOS E TRABALHOS FUTUROS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
BIBLIOGRAFIAS COMPLEMENTARES	87

LISTA DE ILUSTRAÇÕES (GRÁFICOS, FIGURAS, TABELAS)

Figura 1 – Celular descartável	2
Gráfico 1 – Número de celulares no mercado x número de microcomputado	res9
Figura 2 – Componentes de um LBS	13
Tabela 1 - Terminais Celulares por Tecnologia	14
Gráfico 3 – Projeção de Mercado para celulares Java	16
Gráfico 4 – Vendas de celulares em (000 unidades) - Brasil e Argentina	17
Figura 3 – Estrutura da órbita dos satélites GPS	20
Figura 4 – Como funciona o GPS?	21
Figura 5 – Esquema da rede de telefonia celular	22
Figura 6 - Cell-ID - Cell Identification	23
Figura 7 – Setorização celular	24
Figura 8 – TDOA - Time Difference of Arrival	25
Figura 9 - AOA - Angle of Arrival	26
Figura 10 - E-OTD - Enhanced Observed Time Difference	27
Figura 11 – Arquitetura LBS	28
Figura 12 – Componentes de um SIG	36
Figura 13 - Relação Raster x Vetor	39
Figura 15 - Conversão de arquivo texto GML em formato gráfico	48
Figura 16 - Processo de transformação realizado pela XSLT	49
Figura 17 – Diagrama de Casos de Uso	59
Tabela 2 –Descrição dos Casos de Uso	61
Figura 18 – Diagrama de Atividades	62
Figura 19 – Diagrama de Classes	67
Figura 20 – Diagrama de Estado	<u>7</u> 7

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Em 03 de abril de 1973, Martin Cooper fez a primeira ligação, em público, de um aparelho celular. Cooper era pesquisador da Motorola que, nesta época, tentava convencer a FCC (Federal Communications Commission), a entidade responsável nos Estados Unidos pela gestão do espectro eletromagnético, a conceder frequências às operadoras privadas para serem usadas no desenvolvimento e implementação das novas tecnologias. A primeira ligação foi feita para Joel Engel, o responsável pelo departamento de pesquisa da AT&T que também estava tentando chegar ao telefone celular. A primeira frase foi: "Joel, aqui é Martin Cooper e eu estou falando de um telefone celular de verdade". O aparelho utilizado por Cooper era um Motorola Dyna-TAC, pesava mais de 1 quilo, tinha uns 25 centímetros de altura, 6 de profundidade e 4 de largura. Sua bateria recarregável durava apenas oito horas em espera e 30 minutos em conversação. Armazenava apenas 30 números de telefone em sua memória, era monocromático e o visor só mostrava números. Este aparelho levou dez anos para ficar pronto e mais dez para chegar no mercado, custando cerca de 4 mil dólares. Só para efeito de comparação, em outubro de 2002, a empresa norte-americana Hop-On (HOP-ON, 2003) lançou no mercado o telefone celular descartável (ver Figura 1). O aparelho custa cerca de 40 dólares, é de plástico biodegradável, do tamanho de uma carta de baralho, tão leve quanto dois cartões de crédito, tem microfone embutido e vem com fones de ouvido. Dá direito a 60 minutos de conversação e 48 horas de espera. Segundo a publicidade da empresa é para uma emergência, para quando o celular for esquecido em casa. Nos Estados Unidos, estes aparelhos podem ser encontrados em lojas de conveniência e bancas de jornal.



Figura 1 – Celular descartável

Como podemos observar, nos últimos 30 anos houve um grande avanço das tecnologias de telecomunicações móveis que passou de sistemas Primeira Geração - 1G - para sistemas de Terceira Geração - 3G - (DIAS e SADOK, 2003). A Primeira Geração era baseada em tecnologia analógica (UMTS - Universal Mobile Telecommunications System) e fornecia apenas serviços de voz de baixa qualidade. A Segunda Geração (2G) utiliza tecnologia digital (CDMA - Code Division Multiple Acess, TDMA - Time Division Multiple Acess e GSM - Global System for Mobile Communication) e, além de transmitir voz com melhor qualidade, transmite também dado, possibilitando assim o surgimento dos primeiros Location Based Services (LBSs) ou Serviços Baseados em Localização. No entanto, a velocidade de transmissão destes dados é baixa - 9.6/14.4 Kbps – e não atende à demanda dos assinantes de serviços de telefonia móvel por serviços que utilizam multimídia e acesso à Internet. A geração de transição entre os serviços 2G e 3G é conhecida como Segunda Geração e Meia - 2,5G (CDMA 1XRTT -Radio Tranmission Technology e GSM/GPRS - General Packed Radio Service) e permite maior velocidade de comunicação dos dados utilizados pelos usuários. A taxa de transmissão de dados, utilizando esta tecnologia, pode chegar a até 144,4 Kbps. A Terceira Geração (3G) atinge uma velocidade de transmissão de dados de até 2 Mbps. A tecnologia para as redes GSM é EDGE - Enhanced Data for Global Evolution e WCDMA – Wideband CDMA para redes CDMA (ARDREY e FERNANDES, 2002), proporcionando assim, suporte para o fornecimento de serviços como, por exemplo, transmissão de dados em tempo real (videoconferência) e LBSs mais avançados.

1.1 Motivação

Os Serviços Baseados em Localização têm como principal ingrediente a localização e o perfil do assinante do serviço de telefonia móvel celular para filtrar as informações e fornecer serviços geo-personalizados, ou seja, personalizado de acordo com a localização geográfica, em tempo real e em qualquer hora e lugar. Este tipo de serviço está sendo visto pelas operadoras de telefonia móvel celular como uma nova fonte de receita por se tratar de um mercado de altíssimo potencial em contraposição aos tradicionais serviços de voz e troca de mensagens que se tornaram parte do cotidiano de usuários domésticos e corporativos.

Os LBSs fornecem serviços geo-personalizados ajudando os clientes domésticos, por exemplo, com itinerários e condições do trânsito, localizando postos de gasolina ou restaurantes, providenciando socorro em caso de emergência e muito mais. Entre os serviços coorporativos estão os serviços de gerenciamento de frotas, rastreamento de cargas e recuperação de veículos roubados, dentre outros.

Os LBSs podem ser vistos ainda como uma convergência de tecnologias de comunicação, técnicas de localização, dispositivos móveis e tecnologias de banco de dados. Este trabalho trata apenas da tecnologia de comunicação móvel celular, não sendo levados em consideração outros tipos de comunicação por não serem o foco de um LBS.

Alguns acontecimentos históricos têm grande importância no que diz respeito ao surgimento dos Serviços Baseados em Localização. O ponto de partida pode ser considerado o lançamento do LANDSAT-1, o primeiro satélite operacional, pela NASA em 1972. O desenvolvimento desta tecnologia resultou em sofisticados sistemas de localização baseados na constelação de satélites, como por exemplo, o norte-americano Global Positioning System – GPS (TRIMBLE, 2003) – o russo Global Navigation Satellite System – GLONASS (GLONASS, 2003) e o europeu GALILEU (REVISTA VALOR, 2001) que tem lançamento previsto para 2008. Outros acontecimentos importantes foram o surgimento do telefone móvel nos anos 70 e, na década de 90, o

surgimento a Internet e, junto com ela, novas modalidades de negócios e entretenimento. Finalmente, para que os LBSs se tornassem realmente viáveis, em meados da década de 90, o FCC (Federal Communications Commission) publicou um mandato que obriga as operadoras de telefonia móvel a fornecerem a localização das chamadas de emergência originadas de celulares (FCC - FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION, 2003). Ainda nesta década, a tecnologia de GPS passou a ser largamente utilizada para localização.

Hoje em dia a Internet Móvel é uma realidade e seus adeptos querem ter acesso às informações em qualquer lugar e não só no escritório ou em casa. No entanto, para garantir o sucesso das aplicações viabilizadas através da Internet Móvel, elas devem ser capazes de explorar as características específicas do ambiente móvel, garantindo o seu diferencial. Tais aplicações devem se beneficiar do acesso instantâneo a informações de necessidade imediata, assim como de novas tecnologias como os Serviços Baseados em Localização que muitos consideram como sendo o principal tipo de serviço viabilizado pela Internet Móvel.

O primeiro Sistema de Informações Geográficas foi desenvolvido em 1965 como parte do inventário do território canadense. Mas só em 1970 que surgiu o acrônimo GIS – *Geographic Information System* – (CÂMARA *et al*, 2001). Considerando que estes sistemas são genericamente definidos como sistemas de informação que processam informações geográficas, os LBSs poderiam então ser tratados como SIGs, uma vez que trabalham com a informação de localização que pode ser considerada uma informação geográfica. No entanto, estas duas tecnologias têm origens totalmente diferentes, sendo o ambiente SIG robusto e o de LBS extremamente simples. Os SIGs têm sua origem na necessidade de auxiliar a Cartografia em atividades de mapeamento via computador. Já os LBSs, surgiram a partir da necessidade de utilizar o dispositivo móvel para detectar a localização do seu usuário. Considerando estas diferenças, este trabalho propõe um modelo de aplicação LBS que utiliza funcionalidades da tecnologia SIG para obter valor agregado e atender melhor a seus usuários.

Devido às características distintas dos ambientes de cada sistema, para que se possa utilizar a tecnologia SIG para agregar valor às aplicações LBSs, deve-se considerar alguns aspectos como, por exemplo, captura dos dados geográficos e suas conversões, gerenciamento, análise e apresentação destes dados, uma vez que, tradicionalmente, os SIGs são sistemas que apresentam um grande número de funcionalidades, exigem recursos computacionais avançados e usuários experientes e os LBSs, por outro lado, são serviços desenvolvidos para ambientes com recursos limitados como os aparelhos celulares e para atender o público em larga escala que, na sua maioria, são usuários leigos. O uso da tecnologia SIG possibilita o fornecimento de LBSs mais avançados, uma vez que se pode utilizar as funcionalidades dos SIGs, como por exemplo, captura, gerência, análise e apresentação dos dados espaciais para agregar valor as aplicações LBSs (VIRRANTAUS et al, 2001).

No contexto de LBS, as técnicas de posicionamento utilizadas capturam a posição dos usuários associadas ao sistema de projeções WGS-84 – *World Geodetic Systems*. No entanto, a maior parte dos dados espaciais existentes estão disponíveis em diferentes sistemas de projeção e coordenadas. Mas isso não chega a ser um problema para o desenvolvimento dos LBSs, pois nos SIGs atuais, a conversão entre diferentes tipos de projeção cartográfica é um pré-requisito indispensável na lista de suas funcionalidades.

No quesito gerenciamento de dados espaciais foram desenvolvidos padrões para garantir a interoperabilidade, visto que o intercâmbio de dados espaciais entre plataformas SIGs diferentes é um dos maiores desafios do campo das geotecnologias. Um grande passo em busca de soluções interoperáveis foi a criação do consórcio *Open* GIS (OPEN GIS CONSORTIUM, 2004), uma vez que o principal objetivo deste consórcio é o desenvolvimento de especificações de domínio público para tratar os dados espaciais, o que torna os serviços e informações espaciais acessíveis e úteis para todos os tipos de aplicações SIG. Dentre as especificações do consórcio que visam promover a interoperabilidade entre dados geográficos está a *Geographic Markup Language* (GML), baseada na tecnologia XML (LAKE, 2001). Para tratar especificamente dos LBSs existe uma iniciativa do *Open* GIS denominada *Open* LS que tem como objetivo desenvolver padrões para codificação, armazenamento e transporte de dados espaciais

para plataformas LBSs e tornar os dados espaciais largamente utilizáveis por dispositivos móveis. O avanço da tecnologia de banco de dados espaciais e o uso da linguagem de programação Java também são fatores imprescindíveis para prover a infra-estrutura necessária para o desenvolvimento de aplicações e fornecimento dos LBSs.

Para fornecer informações confiáveis e algo além de informações em formato de mapas, os LBSs podem contar com o auxílio de ferramentas que realizam análise espacial para SIGs, utilizando clássicas e modernas teorias como, por exemplo, técnicas de geoestatística, lógica *fuzzy*, redes *Bayesianas*, estimativas de incerteza, propagação de erros, redes neurais, etc. Um exemplo de onde pode-se aplicar estas técnicas para melhorar o fornecimento de LBSs é a utilização de algoritmos baseados em lógica *fuzzy* para aumentar o grau de precisão da informação de localização capturada em áreas urbanas quando é utilizada a tecnologia de localização GPS. SYED e CANNON (2004) apresentam um algoritmo implementado com esta finalidade. O uso dessas teorias enriquece as informações disponibilizadas para os usuários, uma vez que oferece dados consistentes para construção do conhecimento que, na maioria das vezes, é a base para a tomada de decisões.

Para a apresentação de dados geográficos são utilizados recursos como, por exemplo, linguagens de programação visuais (Java, WML - *Wireless Markup Language*), comandos de voz, SMS (*Short Message Service*) e MMS (*Multimedia Message Service*), que viabilizam a construção de uma interface interativa do usuário com o sistema, facilitando, assim, o entendimento e a interpretação das informações disponibilizadas. Porém, deve-se ter muito cuidado com a padronização do ambiente para não gerar soluções incompletas ou de uso restrito para algumas funções devido às limitações dos recursos gráficos e de espaço de tela dos aparelhos celulares. Em GIMODIG (2003) são sugeridos alguns princípios cartográficos que podem ser utilizados em aplicações de LBSs.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo apresentar as tecnologias SIG e LBS e estudar o relacionamento entre as mesmas, apresentando as possibilidades de aplicação de funcionalidades da tecnologia SIG para desenvolver aplicações de LBS mais avançadas. Uma vez apresentadas as tecnologias e os relacionamentos existentes entre elas, será então apresentado um modelo de uma aplicação de LBS para dispositivos móveis que utilizam funcionalidades de um SIG.

1.3 Estrutura da dissertação

Para um melhor entendimento do estudo realizado, os demais capítulos desta dissertação, foram estruturados da seguinte forma:

- No capítulo 2, serão tratados os conceitos de LBS e das tecnologias relacionadas com os mesmos e como estes serviços podem ser classificados.
- O capítulo 3 estuda os conceitos de SIG e suas funcionalidades, estabelecendo, sempre, parâmetros para viabilizar o uso destas funcionalidades para agregar valor aos LBSs.
- No capítulo 4, será apresentado o modelo de uma aplicação LBS que exemplifica o uso das tecnologias apresentadas nos capítulos anteriores.
- Finalmente, no capítulo 5, faz-se o fechamento da discussão levantada, apresentando a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO II

O objetivo deste capítulo é apresentar conceitos de LBS (*Location Based Services*) e como estes serviços podem ser classificados de acordo com a forma que são fornecidos. Também serão apresentadas as tecnologias que convergem para viabilizar o fornecimento deste tipo de serviço.

2 LBS – LOCATION BASED SERVICES

Na tentativa de conhecer sua localização, a civilização vem desenvolvendo, desde a antiguidade, métodos cada vez mais eficientes. Nossos antepassados observavam as estrelas para se localizar no espaço. Durante a expansão marítima e comercial européia na Idade Média, o homem aprimorou o uso de mapas para auxiliá-lo nas navegações e, nos dias atuais, com o avanço das tecnologias, tem surgido dispositivos cada vez mais sofisticados que são capazes de fornecer informação de localização de objetos e/ou pessoas em tempo real e com alto grau de confiabilidade. Para um melhor aproveitamento destas informações, há que se criar novos modelos de negócios para gerar benefícios para a sociedade.

A localização é uma informação fundamental para que se possa modelar o mundo de forma sensível e intuitiva, tornando possível obter um entendimento de fenômenos reais ou abstratos ou mesmo utilizá-la na sua simples forma para ilustrar onde está o alvo de interesse. Isto tem chamado a atenção do mundo dos negócios, uma vez que a localização permite que a maioria das pessoas entenda e se relacione com o mundo a sua volta. A representação da localização pode se dar através de mapas, imagens ou mesmo codificada por meio de um endereço, CEP ou número de telefone. Também pode ser descrita através de textos ou qualquer outra forma desenvolvida pelo homem para representar propriedades e características da Terra.

De acordo com pesquisas do setor, os serviços de informação crescem mais e mais a cada ano e um grande diferencial deste tipo de serviço é o conhecimento da localização de objetos e/ou pessoas. Em um contexto mais amplo, estes serviços tornam possível encontrar, acompanhar, gerenciar e analisar o alvo de interesse em nível nacional ou global.

A convergência de tecnologias como sistemas de comunicação móvel, técnicas de localização, dispositivos móveis e tecnologias de banco de dados possibilitaram o surgimento dos Serviços Baseados em Localização, o que vem causando um grande impacto na forma de se navegar na Internet e como conduzir os negócios. A evolução dos LBSs tem gerado oportunidades de surgimento de novas modalidades de negócios que utilizam as tecnologias que o integram. O Gráfico 1 mostra o crescimento do mercado de telefonia móvel celular no mundo comparado com o de microcomputadores (MOCKE, 2002).

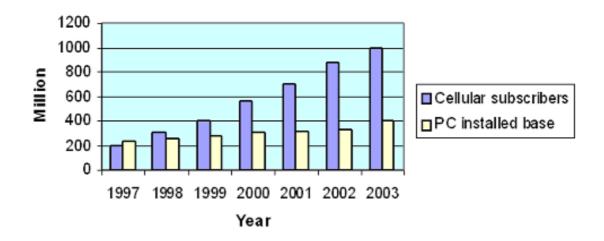


Gráfico 1 – Número de celulares no mercado x número de microcomputadores

Os *Location Based Services (LBS)* são os serviços de informação oferecidos em tempo real, com base nas informações da posição física do dispositivo móvel – neste trabalho o foco é o aparelho celular – e do seu usuário, em conjunto com as informações do perfil do assinante do serviço de telefonia móvel ou de acordo com informações fornecidas pelo seu usuário no momento da solicitação do serviço. O uso destas informações funciona como um filtro para a enorme quantidade de conteúdo de dados contido nos

servidores de aplicações, adequando os serviços oferecidos aos interesses específicos do assinante, naquele determinado momento e local.

Segundo KOEPPEL (2002), sob o ponto de vista de fornecimento dos serviços, ou seja, a forma como os LBSs são oferecidos, eles podem ser classificados como *Push Services* e *Pull Services*. *Push Services* são serviços gerados automaticamente por aplicações, de acordo com o perfil do usuário e sua localização e fornecidos no momento oportuno sem a necessidade do usuário solicitá-los naquele instante, uma vez que se assume uma prévia solicitação, por parte do usuário, de serviços que lhes possam ser interessantes. Para fornecer este tipo de serviço é necessário implementar um sistema para monitorar e fornecer a localização do usuário de acordo com intervalos de tempo pré-determinados. A seguir serão apresentados alguns serviços que podem ser classificados como *Push*:

- Mobile Advertisements segundo pesquisas do setor, o fornecimento de anúncios de promoções e troca de cupons eletrônicos via dispositivo móvel é bem aceito pelos seus usuários. Deixando a questão da privacidade de lado, os consumidores podem se beneficiar do fato de empresas saberem quando eles estão por perto. A chave do sucesso deste tipo de serviço é atribuir ao consumidor a possibilidade de habilitá-lo ou não.
- Friend Finders este serviço disponibiliza para o seu usuário a localização de amigos e familiares. Através de mensagens curtas SMS o usuário é avisado da proximidade das pessoas previamente cadastradas e que possuem aparelhos celulares. Na Europa e na Ásia estes serviços se tornaram extremamente populares.
- Zone Alerts similar ao Friend Finders, este serviço avisa quando uma pessoa ou veículo sai de uma região específica ou área de atuação. Algumas aplicações recentes foram desenvolvidas para acompanhar o deslocamento de pacientes com a doença de Alzheimer, avisando para um responsável quando estas pessoas se

afastam muito de suas casas, possibilitando assim, que elas sejam facilmente encontradas.

Traffic Allerts – serviços de orientação de tráfego em tempo real que notifica para os usuários as condições de trânsito de rotas prédeterminadas, possibilitando assim que, em caso de congestionamento naquelas vias, o usuário as evite e siga por rotas alternativas para o seu destino, diminuindo atrasos e possibilitando que o usuário chegue no seu destino final na hora marcada.

Já os *Pull Services* são serviços fornecidos com base na solicitação do usuário no momento da sua necessidade. Nestes casos o usuário pode fornecer as informações relevantes para que a aplicação de LBS possa fornecer o serviço que melhor lhe atenda. Os serviços apresentados a seguir são exemplos de *Pull Services*.

- Travel Direction estou aqui, como eu faço pra chegar lá? Estes serviços orientam a locomoção do usuário e têm um alto grau de aceitação entre os mesmos, estando entre os primeiros serviços de localização que foram oferecidos através da Internet e mais recentemente implantados para dispositivos sem fios.
- Taxi Hailing eu preciso de um táxi agora! Através de um dispositivo móvel, um táxi é solicitado. As empresas de táxi que operam na região podem automaticamente captar a posição do cliente e o número de seu telefone e encaminhar o veículo mais próximo ao mesmo, agilizando assim o seu atendimento.
- Mobile Yellow Pages onde está o... mais próximo? O usuário indica a categoria do negócio em que ele está interessado e então, lhe é oferecido uma lista de estabelecimentos especializados e organizados de acordo com a maior proximidade em relação a localização do

usuário. Algumas categorias de negócio são, por exemplo, medicina, entretenimento, etc.

Buying Services – avise-me quando eu estiver próximo a uma empresa que ofereça o produto específico que eu estou procurando. Este tipo de serviço é conhecido como comércio móvel (m-commerce) e faz a conexão entre vendedores e compradores. Os produtos são oferecidos para os usuários de acordo com o seu perfil que é traçado previamente, contendo uma relação de produtos e serviços desejados com suas características. Quando o usuário se aproxima de uma empresa que oferece o que ele procura, ele recebe um aviso com mais informações sobre o produto e a localização da empresa.

Muitos destes serviços já estão disponíveis no mercado, no entanto as aplicações ainda são pobres do ponto de vista de recursos disponíveis para os usuários e a maioria delas ainda são fornecidas gratuitamente devido ao fato dos consumidores ainda não conhecerem o este tipo de serviço e as facilidades que ele pode oferecer e, portanto, ainda não estarem dispostos a pagar por eles. Os fornecedores, por outro lado, ainda estão em busca de uma aplicação chave que justifique os investimentos no setor e atenda as expectativas apresentadas nas pesquisas de mercado.

2.1 COMPONENTES DE UM LBS

Do ponto de vista tecnológico, pode-se dizer que os componentes necessários para desenvolver um Serviço Baseado em Localização são: sistemas de comunicação móvel, dispositivos móveis – neste trabalho o foco é o aparelho celular –, técnicas de posicionamento, arquitetura LBS e as aplicações LBS propriamente ditas.

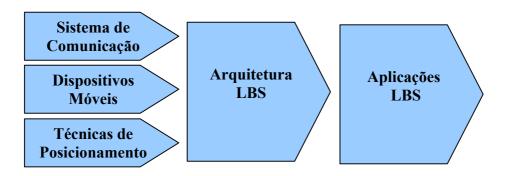


Figura 2 – Componentes de um LBS

2.1.1 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MÓVEL

Segundo um balanço divulgado pela GSM *Association* (GSM WORLD, 2003), em fevereiro de 2004, mais de 1 milhão de pessoas estava utilizando a tecnologia GSM (*Global System for MobileCommunications*) em todo o mundo. Estimativas desta organização atestam ainda que, até 2006, 1,2 bilhão de pessoas utilizarão a tecnologia GSM, enquanto 404 milhões permanecerão utilizando a CDMA, e 193 milhões, a TDMA.

Pesquisas da Anatel (ANATEL, 2003) mostram que existe no Brasil pelo menos cinco grandes empresas operadoras de telefonia móvel celular que oferecem serviços baseados em tecnologias de redes de 2G (TDMA, CDMA) e 2,5 G (CDMA 1XRTT e GSM/GPRS). A Tabela 1 mostra o crescimento, por tecnologia, do mercado de telefonia celular no Brasil nos meses de janeiro e fevereiro de 2004 e o Gráfico 2 apresenta o *market share* - o número de aparelhos no mercado - das operadoras.

	D 1		Fev	ereiro 2004	
Tecnologia	Dezembro 2003	Nº Terminais		Cresc. mês	Cresc.
AMPS	618.073	602.927	1,3%	-225	-2,45%
TDMA	24.897.184	24.801.458	51,8%	101.529	-0,38%
CDMA	14.003.545	14.243.477	29,8%	276.803	1,71%
GSM	6.854.464	8.217.731	17,2%	532.242	19,89%
Total	46.373.266	47.865.593	100%	910.349	3,22%

Tabela 1 - Terminais Celulares por Tecnologia

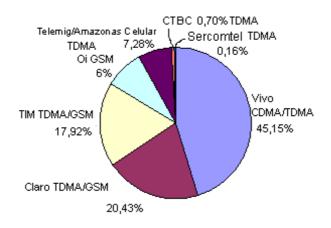


Gráfico 2 - Market Share das Operadoras

Além destas tecnologias que já estão em funcionamento, estão chegando ao país as tecnologias 3G para redes GSM (EDGE - *Enhanced Data for Global Evolution*) e CDMA (WCDMA - *Wideband* CDMA). Diante deste quadro, pode-se concluir que existe uma cobertura razoável no campo da telefonia móvel, não sendo, portanto, o sistema de comunicação móvel nenhum empecilho para o fornecimento de LBSs.

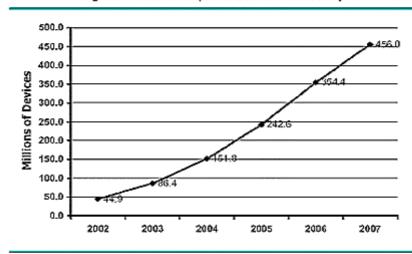
2.1.2 DISPOSITIVOS MÓVEIS

Telefones celulares, *Personal Digital Assistents* – PDAs, câmeras digitais e até dispositivos GPS podem ser agrupados em um único equipamento que é conhecido no mercado como *Smart Phone*. Estes aparelhos são capazes de acessar a *Web*, rodar aplicativos, tirar fotos, exibir filmes etc. No entanto, para ter acesso à maioria das aplicações de LBS é necessário apenas que os dispositivos móveis tenham capacidade de enviar e receber mensagens em formato texto. Esta facilidade, nos dias atuais, está disponível para quase todos os usuários de aparelhos celulares através da tecnologia SMS (*Short Message Service*). Para os serviços mais sofisticados que requerem interface gráfica como mapas e gráficos é necessário que o usuário possua um terminal inteligente ou *Smart Phone*.

Em janeiro de 2001 foram lançados no Japão aparelhos celulares que processam aplicações desenvolvidas em Java. Segundo um relatório publicado pelo *Zelos Group* (ZELOS GROUP, 2003) em fevereiro de 2003, a plataforma Java dominará o mercado de dispositivos móveis. Esta tecnologia será encontrada em todos os 450 milhões de aparelhos que serão vendidos até 2007, correspondendo a 74% de todos os telefones celulares que estarão em uso neste ano. O Gráfico 3 mostra esta projeção.

Wireless Java Market Projections

Figure 3 Global Shipments Java Handsets (2002 - 2007)



	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Total Handsets (Mil.)	401.8	450.8	509.1	550.4	584.7	613.7
Java Handsets (Mil.)	44.9	86.4	151.8	242.6	354.4	456.0
Java Handset Percent	11%	19%	30%	44%	61%	74%

Source: Zelos Group

Gráfico 3 – Projeção de Mercado para celulares Java

Além do mercado em expansão, estudos internacionais mostram que existe um processo de renovação dos aparelhos já existentes no mercado a cada 4 anos em média. Até mesmo na América Latina, percebe-se que esta media é mantida ou superada, pois apesar da renda baixa, existe uma atração pelo novo. Como os aparelhos que estão no mercado possuem cada vez mais recursos, conseqüentemente, eles suportarão novos serviços que se utilizem destes recursos.

O Gráfico 4 (EDGECOM, 2004) ilustra o ritmo dessa substituição, bem como mostra modelos de dispositivos móveis que formavam e formarão boa parte da base instalada de cada época: em 2001 os telefones básicos, com voz e mensagens de texto, em 2002 com WAP, em 2003 com telas coloridas, em 2004 com maior poder de processamento e em 2005 com características multimídia como suporte a vídeos e transmissões contínuas em tempo real (streaming).



Gráfico 4 – Vendas de celulares em (000 unidades) - Brasil e Argentina

2.1.3 TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO

Determinar a localização do usuário já é possível através de aparelhos celulares. Para isso já estão disponíveis diversas tecnologias de localização, mas muitas das quais ainda requerem aprimoramento, tanto em termos de precisão como também de redução de custos. O grau de precisão com que o usuário de aparelho celular é localizado depende do tipo de técnica de localização utilizada. A precisão adequada para um LBS depende da sua aplicabilidade. Assim, uma determinada técnica pode ser adequada para um determinado tipo de serviço e não recomendável para outro. Dependendo do tipo de aplicação desenvolvida para fornecer o serviço, a localização também pode ser fornecida manualmente.

Nos Estados Unidos, os problemas de posicionamento têm data marcada para acabar. O Mandato E-911 do FCC (*Federal Communications Commission*) estabelece prazo até 2005 para que todas as operadoras de telefonia móvel sejam capazes de localizar todas as chamadas de emergência originadas de aparelhos celulares. O Brasil é alvo certo de

investimentos de empresas do setor. Apostando na localização, a israelense *LocatioNet* firmou parceria com a Compera de Campinas, em janeiro de 2002, para marcar sua entrada no mercado latino-americano (PRANDI, 2002).

2.1.3.1 Mandato E-911

Nos Estados Unidos, em meados da década de 90, devido ao grande número de chamadas de emergência — 911 — originadas de aparelhos celulares, o FCC (*Federal Communications Commission*), instituição governamental dos Estados Unidos que cuida da regulamentação das operadoras de telecomunicação neste país, publicou o Mandato E-911 que exige que toda operadora de telefonia móvel deve ser capaz de identificar o local de origem da chamada de emergência. A localização geográfica será, então, determinada através da posição da estação móvel, ou seja, do aparelho celular. O cumprimento do Mandato foi dividido nas seguintes fases:

- Fase I A primeira fase consistia em identificar a célula de localização e o número do telefone do usuário. O prazo final para as operadoras cumprirem estas determinações foi em abril de 1998. No entanto este não é o mecanismo de localização ideal, uma vez que a área de cobertura de uma célula do sistema de telefonia móvel celular pode ser muito extensa.
- Fase II Para o cumprimento desta fase as operadoras deveriam fornecer informações mais precisas. Até outubro de 2001, as operadoras deveriam apresentar um relatório ao FCC constando qual a tecnologia a ser adotada, bem como os seus planos para implementação e cobertura. Para as tecnologias de localização baseadas em rede, a localização da origem da chamada deve ser de 100 metros em 67% dos casos e de 300 metros em 95% das chamadas. Já para as tecnologias baseadas no dispositivo móvel handset based –, a precisão deve ser de 50 metros em 67% dos casos

e 150 metros em 95% das chamadas. O prazo para a implementação das especificações apresentadas no relatório vai até 31 de dezembro de 2005.

■ Fase III – Esta fase ainda está sendo elaborada e prevê o desenvolvimento de métodos de autenticação dos serviços de localização, promovendo assim, o controle da privacidade do usuário e garantindo que só serão enviados para ele os serviços que ele deseja receber.

O motivo que levou o FCC a elaborar este Mandato não tinha objetivos comerciais inerentes, mas a Fase II do Mandato despontou como grande propulsora dos Serviços Baseados em Localização, pois tendo conhecimento da posição do usuário e de alguns de seus hábitos é possível desenvolver soluções, que serão oferecidas estrategicamente de acordo com a localização e as preferências do mesmo. Surge então, um novo modelo de negócios que gera receita para alguns nichos de mercado como, por exemplo, operadoras, portais de Internet Móvel, fabricantes de dispositivos móveis, fornecedores de equipamentos de localização e provedores de aplicações baseadas em localização.

2.1.3.2 Tecnologias de Localização

Os vários tipos de tecnologia utilizados para determinar a localização podem ser classificados em duas categorias: baseadas no dispositivo móvel - *Handset-based* e baseadas na rede de telefonia celular - *Network-based*. A combinação destas duas tecnologias também é possível, sendo conhecida como solução híbrida (ZURSTRASSEN, 2000).

2.1.3.2.1 Handset-Based

As tecnologias de localização classificadas nesta categoria são implementadas nas unidades móveis e utiliza como base a tecnologia GPS. Para se implantar sistemas de

posicionamento baseados nesta tecnologia é necessário que os dispositivos móveis sejam equipados com um dispositivo capaz de determinar a sua posição.

2.1.3.2.1.1 GPS – Global Positioning System

Investimentos provenientes do Departamento de Defesa dos Estados Unidos resultaram na fusão, em 1973, de dois projetos, TIMATION (*Time Navigation*) da Marinha e 621B da Força Aérea, que resultou no sistema NAVSTAR – GPS (*Navigation Satllite with Time and Ranging-Global Positioning System*) projetado para unificar esforços de vários sistemas de posicionamento por satélites num único sistema. No início, o projeto era apenas de uso militar, mas a partir de 1980 o governo americano disponibilizou o sistema para uso civil.

A estrutura do sistema compreende uma constelação de, no mínimo, 24 satélites distribuídos em seis planos orbitais distintos, o que possibilita a visibilidade de pelo menos quatro satélites em qualquer hora do dia de qualquer lugar da Terra, porém, em um dia de boa visibilidade, pode se ver até seis ou sete satélites. Quanto maior o número de satélites visíveis, maior a precisão do cálculo da localização. Veja na Figura 3 uma ilustração desta estrutura (REDE ANSP, 2004).

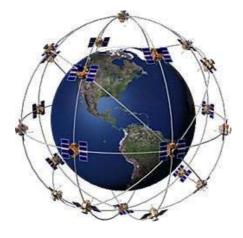


Figura 3 – Estrutura da órbita dos satélites GPS

Os fundamentos básicos do GPS baseiam-se na determinação da distância entre um ponto, o receptor, a outros de referência, os satélites. Sabendo a distância que nos separa de três pontos pode-se determinar a posição relativa a esses mesmos três pontos através da interseção de três circunferências cujos raios são as distâncias medidas entre o receptor e os satélites. O quarto satélite representa uma quarta incógnita do sistema que possibilita o cálculo correto da posição tridimensional. Cada satélite transmite um sinal que é recebido pelo receptor e este, por sua vez, mede o tempo que os sinais demoram a chegar até ele. Multiplicando o tempo medido pela velocidade do sinal (a velocidade da luz), obtém-se a distância receptor-satélite (distância = velocidade x tempo). A Figura 4 apresenta uma ilustração de como funciona a tecnologia GPS (BRAIN e HARRIS, 2000).

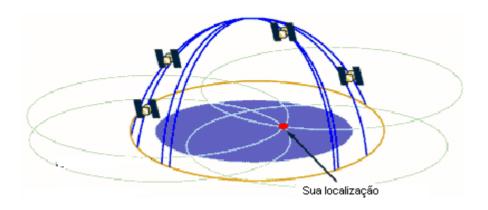


Figura 4 – Como funciona o GPS?

Para utilizar a tecnologia GPS é necessário equipar os dispositivos móveis com um *chip* especial que permite a localização com auxílio de satélites, com precisão em torno de 10 metros. O método que utiliza esta tecnologia para determinar a localização do dispositivo móvel também é conhecido com *Assisted GPS (A-GPS)* ou GPS assistido, pois é necessário o auxílio de uma central para monitorar a posição do usuário e prover as aplicações LBS. O uso desta tecnologia exige um alto investimento da operadora, suportando subsídios para troca de aparelhos e servidores que auxiliem os *chips* nos cálculos da localização dos aparelhos.

2.1.3.2.2 Network-based

Esta tecnologia não requer do dispositivo móvel a capacidade de realizar cálculos. A informação de posicionamento é calculada com base na rede de telefonia instalada que consiste num conjunto de Estações Rádio Base (ERB) responsável pelo envio e recebimento de sinais para os usuários do sistema. Cada ERB possui uma área de abrangência ou cobertura e capacidade de atendimento limitado. Essas células são normalmente representadas por hexágonos, porque suas formas possibilitam que ele seja posicionado lado a lado, o que evita problemas como a sobreposição de áreas de cobertura, por exemplo. A área de abrangência de uma célula pode variar num raio de 150 metros em centros urbanos e 20 km em áreas suburbanas e rurais.

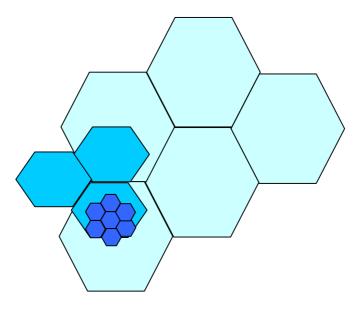
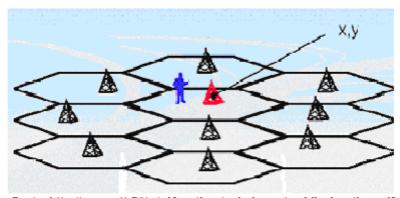


Figura 5 – Esquema da rede de telefonia celular

Existem vários métodos de aplicar esta tecnologia para determinar a localização de dispositivos móveis. Alguns deles são: *Cell-ID, Cell-Sector, "Time Difference of Arrival* – TDOA" e "*Angle of Arrival* – AOA".

2.1.3.2.2.1 Cell-ID - Cell Identification

Esta é uma das técnicas mais rudimentares onde a localização da Estação Rádio Base determina a localização do dispositivo móvel. Esta informação é inerente ao sistema de telefonia móvel, uma vez que todo sistema possui informação da célula em que o dispositivo móvel está localizado. O grau de precisão desta técnica pode variar de 150 metros em centros urbanos a até 20 km em áreas suburbanas e rurais, de acordo com a área de abrangência das antenas ERBs (RODRIGUES, 2003). Veja Figura 6.



Fonte: http://www.vtt.fi/tte/rd/location-techniques/mobile_location.pdf

Figura 6 - Cell-ID - Cell Identification

2.1.3.2.2.2 Cell-Sector

Esta técnica segue o mesmo princípio do *Cell-ID*, podendo esta conseguir a informação em qual setor da célula o dispositivo móvel está localizado. Como normalmente cada célula se divide em três setores de 120 graus, isto confere ao *Cell-Sector* uma redução na imprecisão da ordem de 33% em relação ao *Cell-ID*, embora mantenha as mesmas limitações daquela técnica (RODRIGUES, 2003). Veja Figura 7.

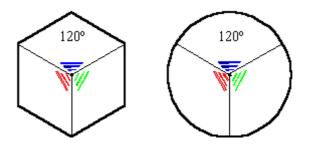


Figura 7 – Setorização celular

2.1.3.2.2.3 TDOA - Time Difference of Arrival

Esta técnica consiste em medir os tempos de chegada que o sinal transmitido pelo celular leva para chegar em três ou mais Estações Rádio Base. Para realizar estes cálculos, parte-se do princípio de que o sinal trafega na velocidade constante da luz. A diferença entre os tempos de chegada do sinal de um par de células pode ser usada para computar posições hiperbólicas em volta do celular. A intersecção das hipérboles é então determinada para apontar a posição do celular. Nas redes GSM, para efetuar estes cálculos, é necessário a instalação de um equipamento conhecido com LMU (*Location Measurement Units*) junto às ERBs, o qual captura o tempo gasto pelo sinal para chegar até a estação e envia esta informação para o SMLU (*Serving Mobile Location Center*) que a processa e determina a posição do dispositivo móvel. Dependendo da precisão desejada, são necessários pelo menos três ERBs para se determinar a posição do dispositivo (ARDREY e FERNANDES, 2002). Veja Figura 8.

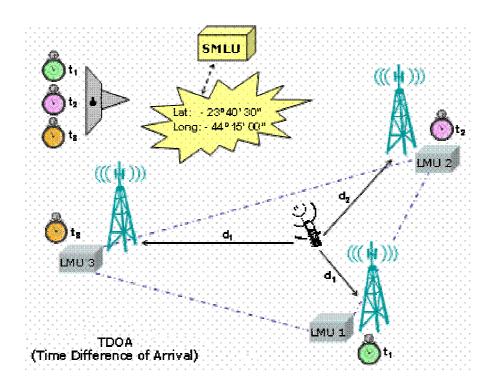


Figura 8 – TDOA - Time Difference of Arrival

2.1.3.2.2.4 *AOA - Angle of Arrival*

Esta técnica possui a vantagem de necessitar de apenas duas estações de base para localizar o celular, contra um mínimo de três para a técnica TDOA. O AOA é mais complicado de ser implementado e requer antenas especiais para funcionar. O cálculo da localização baseia-se no ângulo de chegada do sinal. As linhas podem ser projetadas da célula onde os sinais foram originados e, então, os ângulos podem ser medidos. Conhecendo a medida dos ângulos, pode-se calcular o valor da posição do celular (ZURSTRASSEN, 2000). Veja Figura 9.



Fonte: http://sites.uol.com.br/helyr/lbs_zurstrassen.html

Figura 9 - AOA - Angle of Arrival

2.1.3.2.3 Solução Híbrida

Uma solução híbrida envolve combinação e interação entre a tecnologia do dispositivo móvel e a rede de telefonia para determinar a localização e requer modificações em ambos os lados. No entanto, esta solução também herda as limitações das tecnologias baseadas em rede e das baseadas em dispositivo. Um exemplo de solução híbrida é o método E-OTD (Enhanced Observed Time Difference) que se baseia no cálculo do tempo de propagação do sinal. Neste método, é o dispositivo móvel que calcula o tempo de propagação do sinal transmitido por pelo menos três ERBs até o mesmo, o que requer uma funcionalidade extra nos dispositivos. Nas redes GSM, a LMU, localizada em ponto fixo conhecido, mede o tempo de propagação destes sinais enviados pelas ERBs até ela. Com as informações enviadas pelos dispositivos e pela LMU, a SMLU calcula a posição do dispositivo móvel (LIMA, 2003).

Este método apresenta boa precisão em áreas com grande concentração (densidade) de ERBs, inclusive *indoor*. Por exemplo, no caso da utilização de uma LMU para até cinco ERBs, a carga de processamento é bem menor que no método TDOA, uma vez que boa parte dos cálculos é realizada pelos dispositivos. Em compensação, necessita de adaptações nos dispositivos e apresenta uma baixa precisão em áreas com poucas ERBs.

A adoção de algoritmos mais avançados nos dispositivos, simulando a funcionalidade das LMU's, permitirá reduzir, se não eliminar totalmente, as LMU's na rede.

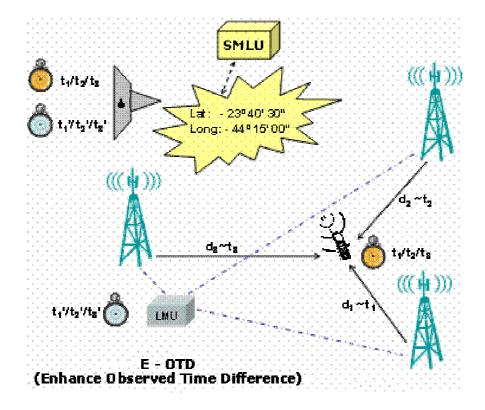


Figura 10 - E-OTD - Enhanced Observed Time Difference

Cada método apresenta vantagens e desvantagens. Portanto, nenhum deles satisfaz completamente as requisições de posicionamento. Deste modo, a escolha do método mais adequado é feita de acordo com o grau de precisão de posicionamento requerida pelo serviço que o utilizará. Este grau varia de serviço para serviço. Assim, um determinado método pode ser adequado para um tipo de serviço e não recomendável para outro.

2.1.4 ARQUITETURA LBS

O termo "Arquitetura LBS" usado neste trabalho mostra a estrutura de servidores e as interfaces existentes entre eles e os seus clientes que viabilizam o fornecimento de LBSs. Entre os servidores e os clientes existe um *backbone* para comunicação que

permite que aplicações possam acessar as bases de dados, sendo a identificação e localização do usuário o principal filtro utilizado. Na maioria dos modelos de negócio existentes no mercado, a operadora de telefonia móvel celular busca parceiros para cuidar da base de dados de informações dos seus clientes e para o desenvolvimento de aplicações para seus aparelhos, ficando responsável apenas pela infra-estrutura de rede. Toda comunicação entre estes dois blocos é intermediada pela rede de telefonia móvel e, muitas vezes, pela Internet, como é o caso das aplicações SMS, MMS e WAP. Veja esquema na Figura 11.

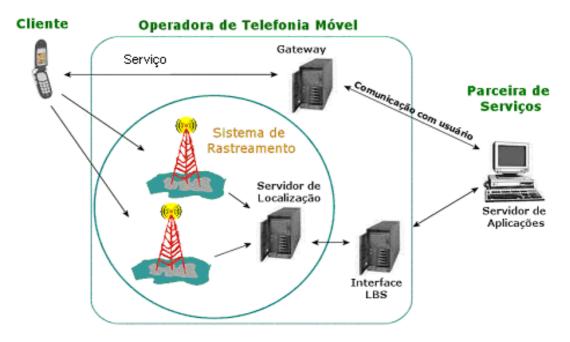


Figura 11 – Arquitetura LBS

O servidor de localização fornece a localização do usuário que é calculada a partir da implementação da tecnologia de localização utilizada pela operadora de telefonia móvel celular. É o servidor de localização quem gerencia a informação de localização do usuário. Para fins de utilização dessas informações em sistemas que necessitam de localização geográfica existe uma interface com a função de receber e tratar esses dados e transmiti-los a outros aplicativos. É a interface LBS, ou gerente LBS. Ele não só é responsável por informações de localização como também pela autorização ou não de se obter tais informações. Assim, um servidor de aplicações pode requisitar a localização de algum aparelho na rede. A interface LBS requisita os dados relativos ao cliente e sua posição.

Com o intuito de estabelecer um padrão para a interface LBS requisitar e obter as informações de localização, o LIF (*Location Interoperability Forum*) criou o protocolo MLP (*Mobile Location Protocol*). Este protocolo é o responsável pelo fornecimento da informação de localização necessária para o desenvolvimento das aplicações LBS. A padronização das APIs (*Application Programming Interface*) para desenvolvimento das aplicações LBS, por sua vez, fica por conta do OpenLS que é uma extensão do OGC. Aplicações LBS desenvolvidas seguindo os padrões do OpenLS possuem funcionalidades SIG. BISHR (2002) apresenta estes conceitos mais claramente.

Após o processamento da localização, as informações são retransmitidas para o servidor de aplicação para que ele continue a operação. Bases de dados necessárias para prover o serviço são de total responsabilidade do servidor de aplicações (ou seja, do parceiro que fornece a aplicação), visto que a operadora apenas fornece os parâmetros para a localização. Por exemplo, para identificar as lojas mais próximas de determinado celular, é necessário cadastrar uma base de dados espacial com informações sobre a localização de tais lojas.

2.1.5 APLICAÇÕES LBS

Já se passaram mais de seis anos desde que o governo norte-americano decretou o E-911 e, desde lá, as operadoras de telefonia móvel e provedores de serviços iniciaram uma corrida pela busca de uma aplicação que justificasse os investimentos realizados para cumprir o Mandato E-911 do FCC. Diante dessa necessidade e da disponibilidade de tecnologias, os investidores enxergaram a possibilidade de criar novos produtos para o mercado de serviço de localização. Durante um bom tempo, prevaleceu a idéia de que uma única aplicação, batizada como *killer application*, despontaria no mercado e renderia lucros pra compensar os investimentos realizados pelas operadoras de telefonia móvel celular. No entanto, com o passar do tempo e o amadurecimento do mercado em questão, pode-se observar que as necessidades do mercado são muitas e diferenciadas. Portanto, existe a possibilidade de desenvolvimento de um leque de aplicações para atender desde o consumidor comum até o coorporativo e o governamental.

2.1.5.1 CLASSIFICAÇÃO

Basicamente, os Serviços Baseados em Localização podem ser classificados em seis diferentes categorias de acordo com as suas funcionalidades. São elas: Sistemas de Informação, Serviços de Tarifação baseada na Localização, Serviços de Emergência, Serviço de Rastreamento de veículos e pessoas, Serviço do tipo *M-Commerce* e Serviços de Entretenimento e aproximação de pessoas (BARROS, 2000).

2.1.5.1.1 Serviços de Informação

As aplicações LBS classificadas como Serviços de Informação têm a característica de filtrar o conteúdo e disponibilizá-lo de acordo com a atual localização e perfil do assinante. Um serviço de Páginas Amarelas Móvel, por exemplo, pode informar para o assinante onde fica o borracheiro mais próximo do local onde o pneu de seu carro acabou de furar, indicar o itinerário do local do carro até a oficina, ou até mesmo estabelecer uma chamada telefônica entre o celular do cliente e o borracheiro, gerando airtime para a operadora, ou seja, aumentando o tempo de utilização da rede de telefonia móvel celular para realizar e receber chamadas ou outros tipos de transmissões como fax, e-mails e dados. Esta transação também pode gerar receita para o borracheiro (anunciante) e valor para o assinante (conforto e praticidade).

2.1.5.1.2 Serviços de Tarifação baseada na Localização

Os serviços do tipo *Location Sensitive Billing (LSB)* utilizam a informação de localização para tarifar o uso de outros serviços oferecidos pela operadora. Por exemplo, conhecendo a localização do usuário, a operadora poderá oferecer um desconto para os minutos de ligações efetuadas em determinadas regiões como, por exemplo, próximo do seu local de trabalho ou residência. Este serviço pode servir para incentivar o aumento de tráfego e contribuir para a fidelidade do assinante.

2.1.5.1.3 Serviços de Emergência

A essência dos serviços deste tipo é a capacidade de identificar e localizar a origem de chamadas de emergência no momento em que elas acontecem. Um exemplo famoso é o E-911 dos Estados Unidos que no Brasil tem como "correspondente" o 190. A implantação de serviços deste tipo pode melhorar a eficiência do atendimento às chamadas de emergência, pois conhecendo a localização de origem da chamada é possível otimizar a logística de atendimento e, com isso, diminuir o tempo de atendimento a quem necessita de atendimento de emergência. Outro benefício que pode ser conseguido com a implantação destes serviços é a diminuição do número de trotes passados para os serviços de emergência, uma vez que estes prejudicam o atendimento ágil das chamadas de emergência recebidas.

2.1.5.1.4 Serviços de Rastreamento de Veículos e Pessoas

Os serviços de rastreamento podem ser úteis para as seguradoras de veículos ou para os pais de adolescentes que desejam controlar os passos dos seus filhos. De posse de uma base de dados geográfica atualizada, consistente e numa escala de apresentação adequada para este tipo de serviço, é possível acompanhar os movimentos do portador do aparelho celular. Segundo BARROS (2000), uma das vantagens de usar a rede de telefonia é que ao contrário do que ocorre com os atuais sistemas baseados em GPS, o rastreamento de um veículo ou de uma pessoa via celular, funciona mesmo quando o rastreado encontra-se dentro de uma garagem, de um caminhão ou qualquer local coberto pelo sinal da operadora de celular. Desta forma, os serviços de rastreamento de frotas/mercadorias, não falha quando o veículo sair da visada do satélite. As seguradoras de veículos poderão oferecer um generoso desconto no valor do seguro, caso seja possível, após um roubo ou furto, saber exatamente em que rua e quadra o veículo roubado se encontra. Os pais poderão saber onde estão os filhos, caso durante o contrato do serviço o usuário forneça autorização para se divulgar esta informação.

2.1.5.1.5 Serviços tipo *M-commerce*

Conhecendo o perfil do assinante, ou seja, os seus hábitos e preferências, e a localização do mesmo é possível identificar potenciais clientes em situações em que o anúncio de um produto pode resultar numa compra e, conseqüentemente, em lucros para a empresa anunciante. Este tipo de serviço, além de oferecer serviços a clientes potenciais, também pode utilizar informações de aplicações de CRM (*Costumer Relationship Management*) existentes na empresa para realizar marketing personalizado para seus clientes, aumentando com isso a satisfação e a fidelidade dos mesmos. Surge então uma modalidade de negócio conhecida como B2C (Business to Consumer). Imagine que uma confeitaria está promovendo um festival de bolos de chocolate e você está num raio de 100 metros da mesma e tem no seu histórico de transações financeiras alguns pagamentos nessa confeitaria. Para a aplicação de CRM desta empresa, você é o cliente habitual e, como se encontra na zona de sua localização, irá receber uma mensagem publicitária – "m-marketing", que poderá até conter um cupom eletrônico de desconto na refeição, bem como um link para o site do referido estabelecimento onde você poderá reservar uma mesa.

2.1.5.1.6 Serviços de Entretenimento e aproximação de pessoas

Os serviços de entretenimento têm um grande público que são os jovens e adolescentes. Algumas atividades podem ser viabilizadas utilizando tecnologia LBS, dentre elas podemos citar jogos baseados na localização do seu participante. Também se pode utilizar a tecnologia LBS para aproximar pessoas. Hoje já é possível enviar uma mensagem para o seu celular notificando que um dos seus amigos - cadastrados na sua agenda – está localizado, por exemplo, num raio de 100 metros de onde você está. De posse desta informação você pode ligar para o seu amigo e agendar um encontro em um local próximo.

Uma vez que a tecnologia LBS foi apresentada, pode-se perceber uma forte presença do fator geográfico nos serviços que utilizam esta tecnologia. Diante disso, e para atender os propósitos deste trabalho, faz-se necessária uma abordagem mais aprofundada da de

uma tecnologia afim que cuida especificamente de dados geográficos. Então, no capítulo 3 deste trabalho, são apresentadas a tecnologia GIS *(Geographic Information Systems)* e as suas funcionalidades. Cuidando sempre de estabelecer correlação entre essa tecnologia e a tecnologia LBS.

CAPÍTULO III

O objetivo deste capítulo é apresentar conceitos da tecnologia GIS (*Geographic Information Systems*) e as funcionalidades implementadas por ferramentas GIS, estabelecendo, sempre, parâmetros para viabilizar o uso destas funcionalidades para agregar valor aos LBSs.

3 GIS – GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Por ser uma tecnologia em franca expansão, são várias as definições para o termo *Geographic Information Systems* – GIS, que também é referenciado em português como Sistemas de Informações Geográficas - SIGs. Algumas destas definições são claramente extrapoladas pelos interessados para ganhar mercado para seus produtos de SIG. Para contornar essa situação e apresentar definições mais consistentes, BURROUGH e MCDONNELL (1998) apresentam definições de SIG classificadas sob pontos de vista diferenciados:

a) Definições baseadas em ferramentas

"...um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e apresentação de dados espaciais do mundo real", BURROUGH (1986) *apud* BURROUGH e MCDONNELL (1998).

"...um sistema para captura, armazenamento, conferência, manipulação, análise e apresentação de dados que são espacialmente referenciados em relação à Terra", *Department of Environment* (DoE) (1987) *apud* BURROUGH e MCDONNELL (1998).

"...uma tecnologia de informação que armazena, analisa, e apresenta dados espaciais e alfanuméricos", PARKER (1988) apud BURROUGH e MCDONNELL (1998).

b) Definições baseadas em Banco de Dados

"...um sistema de banco de dados em que a maioria dos dados são espacialmente indexados, e sobre os quais é executado um conjunto de procedimentos para responder consultas sobre entidades espaciais em um banco de dados", SMITH *et al* (1987) *apud* BURROUGH e MCDONNELL (1998).

"...um conjunto de procedimentos computacionais ou manuais usado para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados", ARONOFF (1989) *apud* BURROUGH e MCDONNELL (1998).

c) Definições baseadas na organização

"...um conjunto de funções automatizadas que provê profissionais com capacidades avançadas para armazenamento, recuperação, manipulação e apresentação de dados localizados geograficamente", OZEMOY, SMITH e SICHERMAN (1981) apud BURROUGH e MCDONNELL (1998).

"...uma entidade institucional, reflexo de uma estrutura organizacional que integra tecnologia com banco de dados, conhecimento e suporte financeiro contínuo sobre o tempo", CARTER (1989) *apud* BURROUGH e MCDONNELL (1998).

"...um sistema de suporte à decisão envolvendo a integração de dados referenciados espacialmente em um ambiente de

tratamento de problemas", COWEN (1988) *apud* BURROUGH e MCDONNELL (1998).

Neste trabalho os SIGs são referenciados como sistemas computacionais que tratam informações geográficas e estabelecem relacionamentos entre estas informações e informações alfanuméricas, sendo a localização geográfica o elo entre elas.

3.1 COMPONENTES DE UM SIG

Segundo ALMEIDA *et al* (2000), os SIGs têm cinco importantes componentes que são *hardware*, *software*, dados, métodos e pessoas. É importante salientar que as pessoas devem ser qualificadas e inseridas em um contexto organizacional propício onde estes componentes atuam em sintonia e de forma balanceada para garantir um funcionamento satisfatório do sistema. Veja ilustração na Figura 12.



Figura 12 – Componentes de um SIG

3.1.1 HARDWARE

O *hardware* é composto por toda a infra-estrutura física necessária para a implantação e funcionamento de um SIG. Os dispositivos que compõem a parte de *hardware* são responsáveis pela entrada de dados, processamento e armazenamento de informações e geração do produto final para os usuários, ou seja, saída de informações do sistema. Como exemplo, de dispositivos de *hardware* para a entrada de dados, podemos citar os seguintes: teclado, mouse, *scanner*, câmeras digitais, coletores de dados, *modens*, etc. Para exemplificar os dispositivos para processamento e armazenamento, podem-se citar os *mainframes*, as estações de trabalho, os microcomputadores, etc. Monitores de vídeo, impressoras e *plotters* são exemplos de dispositivos de saída.

3.1.2 SOFTWARE

O componente *software* é um conjunto de sistemas que engloba o sistema operacional, o sistema gerenciador de banco de dados, o software de SIG e o aplicativo que irá consultar os dados geográficos, a fim de processar as solicitações dos usuários.

Os *softwares* SIGs implementam as funções que o *hardware* executa. Basicamente, pode-se dizer que um SIG é composto por subsistemas que, segundo HARA (1998), são:

- Interface: define como o sistema é operado e controlado;
- Entrada de dados: converte dados capturados em forma digital compatível;
- Visualização e plotagem: apresentam resultados em uma variedade de formas como mapas, imagens e tabelas;
- Transformação, consulta e análise espacial: provê métodos para processamento de imagens e técnicas para consulta e análise espacial; e

Gerência de dados espaciais: organiza, armazena e recupera os dados.

No item 3.2 deste trabalho, os subsistemas SIG definidos por HARA (1998) serão abordados sob o ponto de vista de suas funcionalidades, ressaltando, sempre que possível, os parâmetros para viabilizar o uso destas funcionalidades visando agregar valor aos LBSs.

3.1.3 DADOS

Os dados são provavelmente o componente mais importante de um SIG. Ao se projetar um SIG deve-se ter muito cuidado em verificar a origem e a confiabilidade dos dados que serão utilizados, pois a sua qualidade refletirá na qualidade do produto final. Os SIGs trabalham, basicamente, com dados do tipo alfanuméricos e geográficos. A utilização de um SGBD – Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, embora não seja absolutamente necessária, propicia uma maior integração dos dados e os relacionamentos entre eles.

3.1.3.1 Tipos de dados geográficos

Dentro do universo de dados utilizados pelos SIGs, os geográficos merecem uma atenção especial pelo fato de possuirem características gráficas e fontes de natureza peculiar. Segundo GOODCHILD (1992) *apud* HARA (1998), as aplicações SIGs lidam com dois grandes tipos de dados espaciais ou geográficos:

- Geo-campos: são variações espaciais contínuas. São usadas para grandezas distribuídas espacialmente, tais como tipo de solo, topografía e teor de minerais. Correspondem, na prática, a dados temáticos, imagens e modelos numéricos de terreno; e
- Objetos geográficos (ou *geo-objetos*): são individualizáveis e têm identificação.
 Este tipo de dado tem atributos não espaciais, armazenados em um banco de

dados convencional, e pode estar associado a várias representações gráficas. Alguns exemplos são: escolas, municípios e fazendas.

No meio digital, os dados geográficos podem ser armazenados de forma matricial (*raster*) ou vetorial (vetor). No formato matricial é empregado o uso de uma matriz (m x n) composta de células (*pixels*), onde cada célula possui um valor, sendo o *pixel* o elemento básico dos dados armazenados no formato matricial.

Para os dados vetoriais, o elemento básico é o ponto ou par de coordenadas (x, y). Um conjunto de pontos caracteriza as demais entidades geográficas básicas (linhas e polígonos). Assim, uma ERB (Estação Rádio Base) pode ser representada por um ponto e a área de cobertura de uma operadora de telefonia móvel celular pode ser representada por um polígono. Da conexão entre os vetores (pontos) surgem os relacionamentos topológicos e uma estrutura conhecida como arco-nó-polígono (WORBOYS, 1995) que garante a consistência dos relacionamentos entre os elementos do mapa e possibilita a realização de análises e consultas.

Alguns programas de computador realizam a conversão de dados *raster* para dados vetoriais. No entanto, a qualidade desta transformação depende da resolução (tamanho do *pixel*) do dado *raster*. A Figura 13 apresenta a relação *Raster* x Vetor.

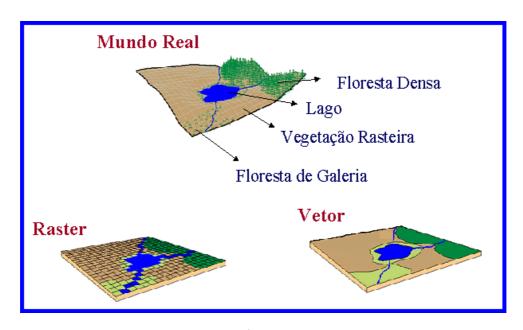


Figura 13 - Relação Raster x Vetor

Seguindo a visão de *geo-campos* e *geo-objetos*, CÂMARA (1995) classifica os dados geográficos ou espaciais em: mapas temáticos, mapas cadastrais, redes, modelos numéricos de terreno e imagens.

- Os mapas temáticos apresentam informações geográficas com foco em um conteúdo temático, sem maiores restrições quanto a sua precisão cartográfica. Segundo CÂMERA et al (1997), mapas temáticos são mapas que mostram uma região geográfica (geo-campos) particionada em polígonos, segundo os valores relativos a um tema (por exemplo, uso do solo, aptidão agrícola). Estes dados podem ser armazenados de forma matricial (raster) ou vetorial (vetor);
- Os mapas cadastrais, ao contrário dos mapas temáticos, têm como característica o elevado grau de precisão cartográfica e apresenta objetos geográficos (geo-objetos) que possuem atributos e podem estar associados a vários tipos de representação gráfica. Por exemplo, os pontos turísticos do Rio de Janeiro são objetos identificáveis no espaço que possuem atributos (localização, descrição, facilidades) e podem ser representados graficamente como pontos, linhas ou polígonos. Normalmente estes dados são melhor armazenados na forma vetorial;
- As redes, no contexto dos Sistemas de Informações Geográficas, denotam as informações associadas a serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone e, também, as redes de drenagem (bacias hidrográficas) e as rodovias. Cada objeto geográfico (*geo-objeto*) que compõe uma rede (cabo telefônico, transformador de rede elétrica, cano de água) possui uma localização geográfica exata e está sempre associado a atributos descritivos em um banco de dados. As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: os atributos de arcos incluem o sentido de fluxo e os atributos dos nós sua impedância (custo de percorrimento). A topologia de uma rede constitui um grafo que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas;

- Os Modelos Numéricos de Terreno constituem um geo-campo onde cada posição do campo possui um valor real que descreve a ocorrência de um fenômeno, por exemplo, mapa de campo magnético ou mapa de altimetria;
- As Imagens podem ser obtidas por satélites, fotografías aéreas ou "scanners" aerotransportados. São armazenadas como matrizes onde cada elemento da imagem (pixel) tem um valor proporcional à reflectância do solo para a área de cobertura da imagem. Para obter os objetos geográficos contidos nas imagens e para individualizá-los, é necessário utilizar técnicas de foto-interpretação e de classificação automática das imagens.

3.1.4 PESSOAS

As pessoas são as responsáveis pelo desenvolvimento de projetos e sua aplicação na resolução dos problemas do dia-a-dia. Constituem todos os envolvidos no projeto como, por exemplo, geógrafos, cartógrafos, profissionais de informática e de outras profissões afins treinados nas técnicas de SIG . Portanto, o sucesso na implantação de um SIG depende não só das habilidades técnicas da equipe, mas também, da cooperação de todas as pessoas envolvidas no processo. Segundo DAVIS (2002), na grande maioria dos projetos, sejam eles destinados a simplesmente implementar a tecnologia ou desenvolver aplicações, o grande desafio não está em conseguir *hardware* e *software*, mas em atingir um elevado grau de cooperação entre as pessoas que participam do esforço.

3.1.5 MÉTODOS

Envolvem normas, procedimentos, estrutura organizacional e instrumentos de gestão pelos quais uma organização opera seu SIG. O sucesso na implantação de um SIG é assegurado quando ele implementa suas funções de acordo com um planejamento e

regras previamente definidos para a execução dos trabalhos dentro de uma organização. Vale ressaltar que essas regras e planejamentos são únicos para cada organização.

3.2 FUNCIONALIDADES DE UM SIG

O termo "funcionalidade" é utilizado neste trabalho para referenciar as atividades de captura, gerência, análise e apresentação de dados espaciais, visto que estas são as mais usadas, senão as mais importantes, funções implementadas pelos Sistemas de Informação Geográfica, o que não implica em dizer que um SIG deve implementar todas elas. Nos itens seguintes serão apresentados mais detalhes destas funções. No entanto, informações específicas de como cada uma é implementada devem ser obtidas a partir de documentos apropriados (tutoriais, manuais, etc) de ferramentas SIGs existentes no mercado.

3.2.1 CAPTURA DE DADOS ESPACIAIS

A aquisição de dados é apontada como a parte crítica de implantação de qualquer sistema. Nos Sistemas de Informação Geográfica, a construção da base de dados geográfica é considerada a etapa mais complexa e onerosa. GOODCHILD *et al* (1991) apresenta as funções captura, conferência, validação e edição como funções cruciais para a aquisição dados digitais para os SIGs. Este trabalho usa o termo "captura" para referenciar a todas aquelas funções.

A captura de dados geográficos ocorre quando existe a necessidade de mapeamento de novas áreas e construção de uma base de dados geográficos/espaciais ou atualização/inclusão de informações na base de dados existente. Neste item são apresentadas as técnicas de obtenção de dados geográficos, desde fontes convencionais (cartas, mapas, plantas e cadastros) até a aplicação de Sensoriamento Remoto e de GPS, bem como das demais técnicas de localização existentes no mercado.

A maior parte dos dados que compõem as bases de dados geográficos é derivada de documentos impressos em papel (cartas, mapas, plantas e cadastros). Atualmente, existem no mercado, basicamente, dois métodos de digitalização desses documentos. São eles: digitalização via mesa e "scanerização".

- As tecnologias que utilizam o método de digitalização via mesa requerem um esforço humano para posicionar e georeferenciar os documentos, mover o cursor sobre ele e capturar as posições ponto a ponto. Os dados resultantes da aplicação deste método são organizados em forma vetorial.
- As tecnologias que utilizam o método de "scanerização" capturam todo o conteúdo dos documentos de uma só vez, gerando uma matriz de números inteiros (imagem digital) que é conhecida como formato raster, por lembrar o processo de varredura de uma tela de CRT (Tubo de Raios Catódios). As funcionalidades dos SIGs possibilitam a vetorização destes dados, incluindo a sua edição para eliminação de possíveis erros.

Segundo LILLESAND *et al.* (1994), Sensoriamento Remoto é a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno através de análises de dados adquiridos por dispositivos que não tenham contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação. Como fonte de informações para os SIGs, o desenvolvimento mais importante desta ciência foi o lançamento do satélite LANDSAT-1 pela NASA em 1972. Desde então, o Sensoriamento Remoto Orbital vem experimentando uma evolução muito grande, tanto na qualidade quando na diversidade dos dados disponíveis para o usuário.

O desenvolvimento da tecnologia GPS foi um grande avanço nas tecnologias de captura de dados geográficos. Os seus receptores podem capturar a localização (latitude e longitude) de qualquer ponto na superfície da Terra. A portabilidade destes receptores aumenta a cada dia, sendo que hoje eles já são disponibilizados no formato de *micro*-

chips que podem ser "embutidos", por exemplo, em aparelhos celulares e até no corpo humano.

A novidade dos últimos tempos, no tocante a captura de dados geográficos, é o desenvolvimento de técnicas de localização (ver item 2.1.3 deste documento) que utilizam informações fornecidas pelas ERBs das redes de telefonia móvel celular.

3.2.2 GERÊNCIA DE DADOS ESPACIAIS

O termo gerência de dados espaciais utilizado neste documento engloba as funções de gerenciamento de armazenamento, manipulação e acesso de dados espaciais. Para implementar esta funcionalidade, a maioria das aplicações SIG emprega a tecnologia de banco de dados geográficos que também é utilizada para gerar a análises de dados e facilitar a tomada de decisões. Segundo HARA (1998), as informações capazes de serem extraídas de um banco de dados dificilmente podem ser obtidas examinando-se apenas a parte gráfica dos dados, ou seja, mapas contidos em um SIG. Informações complementares não espaciais podem ser utilizadas por um SIG de modo a possibilitar novas formas de apresentação e análise de dados.

Para atender a evolução dos SIGs, os SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados) objeto-relacionais desenvolveram extensões espaciais para tratar os dados geográficos. Segundo FERREIRA *et al.* (2002), estas extensões fornecem funções e procedimentos que permitem armazenar, acessar e analisar dados geográficos de formato vetorial. Existem hoje três extensões comerciais disponíveis: Oracle Spatial, IBM DB2, Spatial Extender e Informix Spatial Database. Existe ainda a extensão PostGIS para o SGDB PostgreSQL, que é objeto-relacional, gratuito e de código fonte aberto.

Avanços tecnológicos nos quesitos de codificação e transporte de dados baseados na linguagem XML (*eXtensible Markup Language*) especificada pelo W3C *Consortium* buscam apresentar novas perspectivas para tratamento de dados geográficos (*World*

Wide Web Consortium, 2002). Dentre elas está a linguagem GML (Geography Markup Language) que é uma especificação do consórcio Open GIS para tratar da codificação dos dados geográficos. A GML possue três esquemas básicos (feature.xsd, geometry.xsd e xlinks.xsd) e permite a criação de novos esquemas de acordo com o Modelo Abstrato especificado pelo mesmo consórcio. Os dados codificados em um documento GML podem utilizar as tecnologias XSLT (eXtensible Stylesheet Language for Transformations) e SVG (Scalable Vector Graphics), ambas recomendadas pelo W3C Consortium, para, respectivamente, estabelecer regras para transformação deste documento e apresentar o dado em um formato gráfico.

3.2.2.1 GML - Geography Markup Language

GML é a linguagem de codificação e transporte de dados geográficos desenvolvida pelo consórcio Open GIS, de acordo com a linguagem XML recomendada pelo W3C. Para maior entendimento da GML é importante ressaltar que ela também foi baseada no modelo abstrato especificado pelo Open GIS. Este modelo define um objeto geográfico como sendo:

"... uma abstração de um fenômeno do mundo real que possui associada uma localização relativa sobre a superfície da Terra". (OPEN GIS CONSORTIUM)

De acordo com o modelo do Open GIS, pode-se entender a representação digital do mundo real como um conjunto de objetos onde cada objeto é formado por um conjunto de propriedades (nome, tipo, valor) e aspectos geométricos representados conforme um Sistema de Referência Espacial (SRE) através de pontos, linhas e polígonos. Para o modelo abstrato, uma coleção de objetos pode ser entendida, por si só, como um objeto. O aspecto geométrico de um objeto também pode ser composto por vários tipos geométricos (pontos, linhas, polígonos). As versões existentes da GML definem apenas dados bidimensionais (2D), sendo que as curvas são obtidas por interpolação linear.

Para as próximas versões, o consórcio Open GIS promete tratar dados tridimensionais e relacionamentos topológicos entre objetos.

Segundo FORNARI (2002), os principais objetivos da GML são:

- prover uma estrutura aberta para a definição de esquemas de aplicações e objetos geoespaciais;
- permitir perfis que suportem subconjuntos das capacidades declarativas de GML;
- suportar a descrição de esquemas de aplicações geoespaciais para domínios específicos e comunidades de informação;
- permitir a criação e manutenção de esquemas e dados geoespaciais distribuídos e relacionados;
- aumentar a habilidade das organizações para compartilhar dados geográficos;
- servir como ferramenta para a interoperabilidade de Sistemas de Informação
 Geográfica (SIG) de uma maneira incremental.

A GML define três esquemas básicos para codificar dados geográficos: *feature.xsd*, *geometry.xsd e xlinks.xsd* que definem, respectivamente, o modelo abstrato, a geometria e os relacionamentos entre documentos ou partes de documentos GML. Seguindo os princípios da linguagem em questão, estes esquemas podem ser extendidos para criarem-se outros esquemas XML para aplicações específicas. Assim, prevalece o que a tecnologia XML propõe e que consiste na possibilidade de extender os modelos, criando novas *tags*, sendo que cada instituição pode criar seus esquemas ou simplesmente utilizar esquemas de terceiros em seus SIGs, promovendo, assim, a tão desejada interoperabilidade.

A Figura 14 mostra como os elementos do modelo abstrato foram agrupados de acordo com o método de representação utilizado pela UML (*Unified Modeling Language*). Uma abordagem mais aprofundada sobre os esquemas e o modelo pode ser encontrada em Open GIS *Consortium*. (2002).

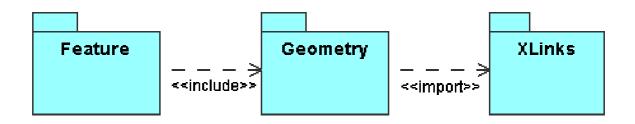


Figura 14 - Interdependência entre os esquemas

Uma vez que os dados estejam codificados utilizando a linguagem GML, para que ocorra a sua visualização e/ou intercâmbio, torna-se necessária a conversão dos documentos textos GML em formato gráfico. Dentre as tecnologias utilizadas para este fim está o formato SVG que também é codificado em XML e pode ser visualizado em um *browser Web*, utilizando um *plugin* SVG. Para se descrever as regras da transformação e se modelar a parte do documento GML que será visualizado, pode-se utilizar, dentre outras, a linguagem XSLT, também baseada na tecnologia XML. LAKE (2001), apresenta a figura abaixo para ilustrar o processo descrito.

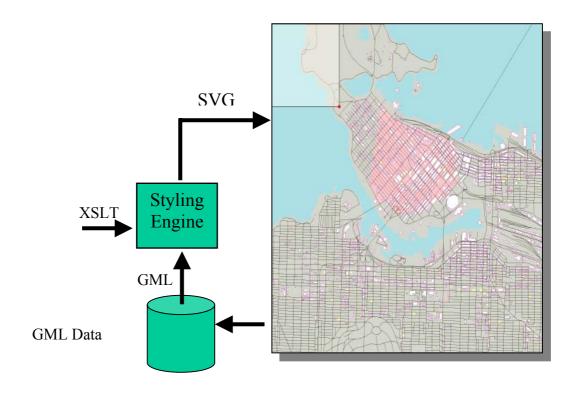


Figura 15 - Conversão de arquivo texto GML em formato gráfico

3.2.2.2 XSLT - eXtensible Stylesheet Language for Transformations

Uma vez que os dados geográficos foram estruturados utilizando a linguagem GML, existem, basicamente, três maneiras de manipular estes dados. Uma é a baseada em SAX (*Simple API for XML*), a segunda é a baseada em DOM (*Document Object Model*) e a terceira na XSLT. Todas estas são recomendações emanam do W3C.

Este documento trata apenas da XSLT que é um dos componentes da linguagem XSL (*eXtensible Stylesheet Language*) que, neste contexto, será utilizado para transformar documentos GML, sendo o resultado da transformação um gráfico ou imagem SVG.

Um documento XSLT é também denominado de folha de estilo, apesar de muitas vezes não definir nenhum estilo de formatação para o documento. Existem três peças chave no processo de transformação executado pela linguagem XSLT: um processador –

parser - XSLT, um documento XML/GML que será transformado e uma folha de estilo.

O processo de transformação consiste, basicamente, na obtenção de um documento XML/GML de entrada pelo processador XSLT, que, então, transforma o documento fazendo uso das instruções contidas na folha de estilo e determinando que um novo documento de saída seja gerado. ARAUJO (2002) apresenta, de maneira mais clara, todo o processo de transformação realizado pela XSLT. Ver Figura 16.

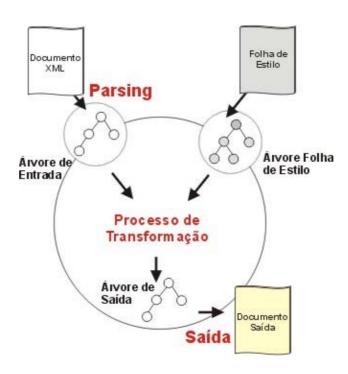


Figura 16 - Processo de transformação realizado pela XSLT

3.2.2.3 SVG - Scalable Vector Graphics

A SVG é uma linguagem XML que pode ser utilizada para descrever documentos XML em gráficos bidimensionais (2D), textos e imagens *raster* ou vetor. Dentre os seus recursos, a SVG possui uma grande variedade de eventos que podem realizar animações e implementar as funcionalidades de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Segundo MEIRELLES et al. (2001), utilizando SVG é possível:

- selecionar um objeto gráfico ou um grupo de objetos a partir de um evento do mouse;
- aplicar transformações de coordenadas em um objeto gráfico dada a matriz de transformação;
- navegar entre diversos documentos SVG através de eventos do mouse sobre objetos gráficos;
- diversificar as fontes e suas formas de apresentação (Ex: textos podem aparecer tangentes a curvas ou objetos gráficos);
- selecionar e agrupar objetos de interesse do usuário;
- capacidade de processamento condicional em função do ambiente (Ex: se a linguagem do ambiente é inglesa escrever o texto em Inglês);
- selecionar cores e preenchimentos em objetos gráficos (Ex: usar gradientes e padrões de preenchimento);
- aplicar filtros criando efeitos visuais de luz e percepção 3D;
- Exibir uma imagem *raster* no fundo enquanto visualizamos os objetos sobre a imagem;
- aplicar efeitos de fontes de luz sobre os objetos;

Para MIRANDA *et al* (2002), o uso da linguagem SVG oerece alta performance (quando comparada a *Applets*) e não requer a instalação de *Java Virtual Machine* nos clientes, apenas é requerido uma *browser* e um *plugin* SVG (que é obtido

gratuitamente). Além de ser uma solução leve que pode ser utilizada em dispositivos móveis como PDAs e telefones celulares.

3.2.3 ANÁLISE ESPACIAL

Uma vez que os dados geográficos foram coletados e armazenados, o próximo quesito a ser tratado é como utilizar estes dados para prover informações e responder a questões sobre o mundo real. Isto envolve uma grande quantidade de métodos de recuperação e apresentação de dados, até o desenvolvimento e aplicação de modelos complexos para análise e comparação de diferentes cenários.

Os Sistemas de Informações Geográficas apresentam vários métodos capazes de analisar os dados espaciais e seus relacionamentos o que, para GOODCHILD *et al* (1991), diferencia os SIGs de outros sistemas computacionais como os utilizados para a cartografia digital, as ferramentas CAD (*Computer-Aided Design*), Sensoriamento Remoto e Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados – SGBDs.

A análise espacial corresponde a um conjunto de técnicas de processamento digital de dados espaciais que possibilita a produção de novos dados a partir análise das características locacionais dos elementos cartográficos presentes no banco de dados do SIG.

GREGORY e SMITH (1986) *apud* GOODCHILD *et al* (1991) definem análise espacial como procedimentos quantitativos (principalmente estatísticos) e técnicas aplicadas em trabalhos de análise locacional.

As ferramentas SIGs existentes no mercado atualmente podem contar com o auxílio de algumas teorias clássicas e outras mais modernas para realizar a função de análise espacial. Um exemplo de onde se pode aplicar estas técnicas para melhorar o fornecimento LBSs é a utilização de algoritmos baseados em lógica *fuzzy* para aumentar o grau de precisão da informação de localização capturada em áreas urbanas quando é utilizada a tecnologia de localização GPS. SYED e CANNON (2004) utilizam lógica

fuzzy para implementar um algoritmo com esta finalidade. O uso dessas teorias enriquece as informações disponibilizadas para os usuários, uma vez que oferece dados consistentes para construção do conhecimento que, na maioria das vezes, deve ser a base para a tomada de decisões.

3.2.4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS ESPACIAIS

Os resultados das operações de análise espacial realizadas pelos SIGs podem ser apresentados em forma de relatórios, gráficos e mapas. Para construir a interface entre os SIGs e o usuário final são utilizados recursos como, por exemplo, linguagens de programação visuais (Java, WML - *Wireless Markup Language*), comandos de voz, SMS (*Short Message Service*) e MMS (*Multimedia Message Service*), que viabilizam a construção de uma interface interativa do usuário com o sistema, facilitando assim, o entendimento e interpretação das informações disponibilizadas.

A construção da interface com o usuário deve obedecer a padrões cartográficos. MOURA (1997) apresenta algumas convenções cartográficas que devem ser consideradas para a apresentação de dados geográficos. Para pequenos dispositivos, no entanto, deve-se ter muito cuidado com a padronização do ambiente para não gerar soluções incompletas ou de uso restrito para algumas funções, devido às limitações dos recursos gráficos e de espaço de tela dos aparelhos celulares. GIMODIG (2003) apresenta princípios cartográficos que podem ser utilizados em aplicações de LBSs.

LISBOA (1998) apresenta diversas funções que podem ser usadas para melhorar a aparência dos mapas resultantes dessas operações como, por exemplo, anotações em mapas, posicionamento de texto, símbolos, iluminação e visões em perspectiva. A seguir, estão listadas algumas dessas funções.

 Anotações em mapas - permitem adicionar aos mapas informações como título, legendas, barra de escala, orientação norte-sul, etc. Podem ser colocados fora dos limites do mapa ou cobrindo alguma parte deste.

- Posicionamento de rótulos rótulos são colocados junto aos símbolos gráficos que representam fenômenos no mapa. A maioria dos SIGs possuem ferramentas que efetuam o posicionamento de forma automática ou manual.
- Padrões de textura e estilos de linha os textos podem variar em tipo de fonte, tamanho, cor e estilo (ex.: negrito, itálico). A escolha dos tipos de letra deve obedecer a convenções cartográficas, assim como os estilos de linhas, que podem variar em espessura, cor e forma (ex. tracejada, pontilhada, etc).
- Símbolos gráficos os símbolos gráficos são usados para representar classes de entidades em um mapa. Alguns símbolos mais comuns são: símbolos de cidades (ex.: tamanho variando de acordo com a população), pontes, aeroportos, hospitais, museus, escolas, etc. Alguns sistemas utilizam o conceito de bibliotecas de símbolos, que podem ser adquiridas de acordo com a área de aplicação específica.

O próximo capítulo deste trabalho apresenta um modelo orientado a objetos de um serviço que utiliza funcionalidades das tecnologias LBS e GIS apresentadas até então nos capítulos 2 e 3, respectivamente.

CAPÍTULO IV

Este capítulo baseia-se nos conceitos das tecnologias LBS e GIS, apresentados nos capítulos anteriores, para desenvolver um modelo orientado a objeto (OO) de uma aplicação LBS que utiliza funcionalidades SIGs, possibilitando, assim, o fornecimento de um serviço com valor agregado para seus usuários.

4 O SERVIÇO PROPOSTO

A preocupação com segurança nas transações financeiras realizadas via cartões magnéticos tem levado as entidades financeiras atuantes neste setor a buscar o desenvolvimento de novas tecnologias, ou simplesmente a aplicação de tecnologias existentes, para evitar fraudes e fornecer produtos com valor adicionado para seus clientes.

Seguindo esta tendência já existem no mercado alguns sistemas inteligentes que utilizam a lógica de redes neurais para analisar o perfil de compra do cliente, calcular a probabilidade de uma transação financeira ser fraudulenta e, em casos suspeitos, bloquear a transação. O perfil do cliente é construído com base no histórico das transações financeiras realizadas por ele.

Outro exemplo da aplicação da tecnologia a favor do cliente é um serviço que monitora as transações efetuadas com o cartão magnético de maneira *online*. No momento da transação, o cliente recebe uma mensagem de texto (SMS) em seu celular informando sobre a utilização de seu cartão magnético. O cliente é informado sobre o local da compra, o valor transacionado, o nome do cartão, a data e a hora de sua utilização.

A aplicação das tecnologias citadas acima, por si só, ainda deixa margem de risco para a aplicação de fraudes no mercado financeiro. Visando diminuir esta margem de risco,

este trabalho propõe o desenvolvimento de um novo serviço e apresenta o modelo orientado a objeto de um sistema para o seu aprovisionamento. Este serviço é caracterizado pela convergência das tecnologias aplicadas nos casos acima citados, acrescido do fator localização do cliente que é calculado com base nos dados oferecidos pela rede de telefonia móvel celular utilizada pelo cliente. A adição deste fator caracteriza um Serviço Baseado em Localização – LBS.

O serviço proposto baseia-se na análise do perfil de compra e saques do cliente, da sua localização e da localização do terminal onde está sendo efetuada a transação financeira para liberar ou não a realização da mesma. Para isso, parte-se do pressuposto que a localização do aparelho celular do cliente é a mesma do cliente e também deve ser a mesma do terminal onde está sendo realizada a transação. Estas especificações caracterizam este serviço como *Pull Service*, uma vez que o serviço só é oferecido mediante uma atitude do usuário que, automaticamente, demanda a execução do mesmo.

O serviço roda em uma plataforma cliente/servidor, ou seja, o sistema é "hospedado" no servidor que se comunica com o dispositivo do cliente no momento que uma transação financeira via cartão magnético é iniciada. Uma vez estabelecida esta conexão, o sistema realiza os processamentos requeridos para a liberação da transação financeira iniciada pelo cliente.

A base de dados que viabiliza o desenvolvimento deste sistema é composta de dados alfanuméricos e geográficos. Os dados do cliente e do perfil do cliente compõem a base de dados alfanuméricos. A base de dados geográficos é composta pelo cadastro dos terminais onde as transações financeiras podem ser realizadas e da posição do cliente e do seu celular no momento em que a transação financeira acontece.

Segundo OLIVEIRA (2003), este tipo de aplicação necessita do concurso de uma variedade de sistemas e de fontes de informação que, quase sempre, são de empresas distintas, o que torna a tarefa de modelagem e criação deste tipo de sistema uma atividade não trivial, por envolver a complexidade de várias áreas de negócio.

Visando amenizar esta complexidade, o modelo apresentado contempla apenas o sistema "hospedado" no servidor e trata os demais sistemas como "caixa-preta", que fornecem as informações necessárias para a sua execução e o fornecimento do serviço proposto. Um exemplo de "caixa-preta" são os sistemas que calculam a localização. Estes sistemas são armazenados no servidor de localização e realizam os procedimentos necessários para calcular a posição do cliente de acordo com a tecnologia adotada pela operadora de telefonia móvel celular (ver item 2.1.3 deste trabalho).

A linguagem escolhida para desenvolver os diagramas do modelo (OO) foi a UML - *Unified Modeling Language* (BOOCH *et al*, 2000). E a ferramenta utilizada foi uma CASE (*Computer Aided Software Engineering*) que utiliza tecnologia UML, possibilita a construção do esquema de Banco de Dados e até a geração de código fonte executável.

A lógica de desenvolvimento do modelo proposto obedece às diretrizes da UML, ou seja, a partir da especificação de requisitos do serviço, os atores do sistema e suas principais classes serão identificadas. Então, serão modelados os Casos de Uso, o Diagrama de Atividades e o Diagrama de Classes com seus atributos e operações estruturadas de acordo com o padrão Open GIS. Os próximos itens deste trabalho apresentam este processo de desenvolvimento do modelo.

4.1 A ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS

A especificação de requisitos é uma definição abstrata dos serviços que o sistema implementa e das restrições sobre as quais o sistema opera. Os requisitos de um sistema podem ser classificados como funcionais e não funcionais.

A elaboração da especificação de requisitos parte dos requisitos funcionais desejados na fase preliminar do sistema proposto e dos requisitos funcionais existentes na fase da análise do sistema atual, para gerar os requisitos funcionais reais ou exequíveis.

4.1.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

Os requisitos funcionais podem ser definidos como as funções ou atividades que o sistema se propõe a realizar. Eles devem ser bem definidos e relatados explicitamente para evitar erros ou enganos durante o desenvolvimento do sistema. Eles devem ser identificados por todos os envolvidos e principalmente com a concordância do cliente e/ou usuário.

Para explicitar os requisitos funcionais do sistema aqui modelado será utilizado o diagrama de Casos de Uso da UML, que descreve a visão externa do sistema e suas interações com o mundo exterior, representando uma visão de alto nível da funcionalidade do sistema. No entanto, antes de apresentar o diagrama de Casos de Uso, serão apresentados os atores dos Casos de Uso que comporão o diagrama.

Ainda como parte da especificação de requisitos funcionais, será modelado o Diagrama de Atividades que mostra as ações dos objetos do sistema e os resultados das mesmas e, sobretudo, apresenta o processo do negócio sob o ponto de vista dos atores/executores, fluxos de atividades, organização e objetos.

4.1.1.1 Os Atores

Os atores são entidades que interagem com o sistema e podem ser representados por pessoas, máquinas ou outros sistemas. Para caracterizar um ator alguns pré-requisitos devem ser respeitados. Por exemplo, um ator não é parte do sistema. Ele apenas representa os papéis que o usuário do sistema pode desempenhar. Os atores podem interagir ativamente com o sistema ou apenas serem um receptor passivo de informação.

Uma característica do sistema aqui modelado é a independência e origem diferenciada de seus componentes, o que determina o tratamento destes componentes como atores, uma vez que eles são externos e se comunicam com o sistema via mensagens. Na modelagem proposta, foram identificados os seguintes atores que interagem com o sistema. São eles:

- Cliente o cliente é o dono do cartão magnético, o portador de um aparelho celular e o usuário do sistema. É o indivíduo que está preste a realizar a transação financeira e terá sua localização identificada neste instante.
- Sistema é ele que requisita a localização do celular na rede, realiza a análise do perfil do usuário e compara a localização do usuário com a localização do terminal onde está sendo realizada a transação. Ele também é o responsável pela liberação ou bloqueio da transação e o envio da mensagem SMS para o celular do cliente.
- Servidor de Localização fornece a localização do usuário que é calculada a
 partir da implementação da tecnologia de localização utilizada pela
 operadora de telefonia móvel celular (ver item 2.1.3 deste trabalho).

4.1.1.2 Os Casos de Uso

Os Casos de Uso descrevem as atividades realizadas pelo sistema sob o ponto de vista de seus atores. Os Casos de Uso devem ser descritos em vários cenários, onde são simuladas situações do mundo real, e obedecer a uma seqüência de passos que descrevem as iterações entre os atores e o sistema. Devem ser construídos tantos cenários quantos forem necessários para possibilitar uma melhor compreensão de todo o sistema. Os Casos de Uso podem ser considerados como testes informais para a validação dos requisitos do sistema.

O diagrama abaixo, representado pela Figura 17, ilustra as principais funções do sistema aqui proposto. Posteriormente, será apresentada, na Tabela 2, a descrição de cada um dos Casos de Uso.

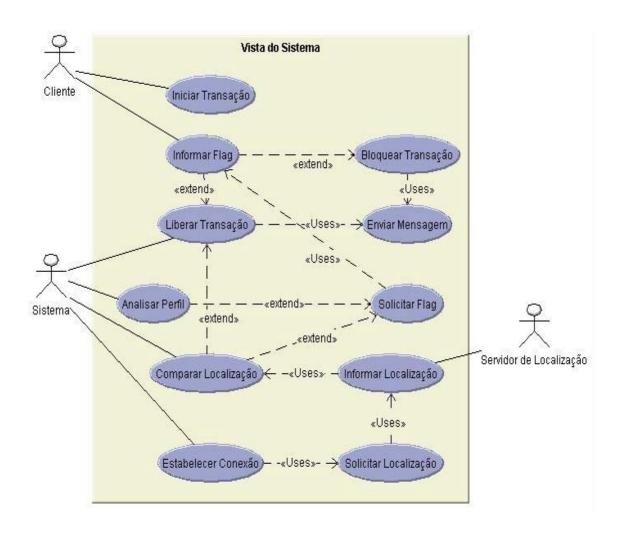


Figura 17 – Diagrama de Casos de Uso

N°	Caso de Uso	Quem Inicia a Ação	Descrição do Caso de Uso
1	Iniciar Transação	Cliente	Neste momento o cliente inicia uma transação financeira com cartão de débito/crédito. Todos os tipos de transação realizáveis via cartão magnético estão aqui incluídas.
2	Estabelecer Conexão	Sistema	O sistema em questão estabelece uma conexão com o servidor de localização para recuperar a localização do

			aparelho celular do cliente.
3	Solicitar Localização	Sistema	Sistema solicita ao servidor de localização a localização do celular do cliente
4	Informar Localização	Servidor de Localização	Servidor de localização informa localização do celular do cliente.
5	Comparar Localização	Sistema	Uma vez recuperada a localização do cliente, o sistema compara esta localização com a localização do terminal fixo onde foi iniciada a transação financeira.
6	Analisar Perfil	Sistema	Uma vez que a transação foi iniciada, o sistema analisa o perfil de compra e saques do cliente.
7	Solicitar Flag	Sistema	Caso a localização não seja coincidente ou o tipo e/ou local da transação for incompatível com o perfil do cliente, o sistema solicita do cliente a informação de um <i>flag</i> , previamente cadastrado, pra liberar a realização da transação.
8	Informar Flag	Usuário	Cliente informa <i>flag</i> de desbloqueio da transação.
9	Bloquear Transação	Sistema	Caso o <i>flag</i> informado esteja errado, o sistema bloqueia a realização da transação e envia mensagem para o cliente notificando-o.
10	Liberar Transação	Sistema	Caso a localização seja coincidente, o sistema libera a realização da transação e envia mensagem para o cliente notificando-o.
11	Enviar	Sistema	Sistema envia mensagem SMS para celular do cliente

Mensagem	informando local da compra ou saque, o valor
	transacionado, o nome do cartão, a data e a hora da
	transação e o status da transação (concluída ou não
	concluída).

Tabela 2 –Descrição dos Casos de Uso

4.1.1.3 O Diagrama de Atividades

O Diagrama de Atividades toma como base a implementação de um método durante a "instanciação" de um objeto para apresentar as ações dos objetos do sistema e os resultados das mesmas. Na construção deste diagrama pode-se utilizar o recurso conhecido como *swimlanes*. Uma *swimlane* é representada por retângulos que englobam todos os objetos que estão ligados a ela. O seu papel é agrupar as atividades do sistema de acordo com o seu responsável/executor e o local que as mesmas residem na organização. No entanto, a ferramenta CASE utilizada para construir o modelo do sistema proposto não fornece este recurso. Desta forma foram utilizadas caixas de textos associadas às atividades para indicar o seu responsável/executor.

No Diagrama de Atividades são mostradas as iterações, como as atividades são executadas, o que elas fazem, quando elas são executadas, e onde elas acontecem, ou seja, quem são os responsáveis por elas. Decisões e condições, como execução paralela, também podem ser mostradas no Diagrama de Atividades. O diagrama também pode conter especificações de mensagens enviadas e recebidas como partes de atividades executadas. Dentre os propósitos de um diagrama de atividades estão:

- apresentar as atividades executadas quando um método ou operação é iniciado;
- mostrar o comportamento interno de um objeto;

- mostrar como um grupo de atividades relacionadas podem ser executadas, e
 qual o efeito da sua realização sobre os objetos que estão em torno delas;
- ilustrar como uma "instância" pode ser executada em termos de atividades e objetos;
- apresentar o processo do negócio sob o ponto de vista dos atores/executores, fluxos de atividades, organização e objetos.

A Figura 18 apresenta o Diagrama de Atividades da aplicação proposta neste trabalho.

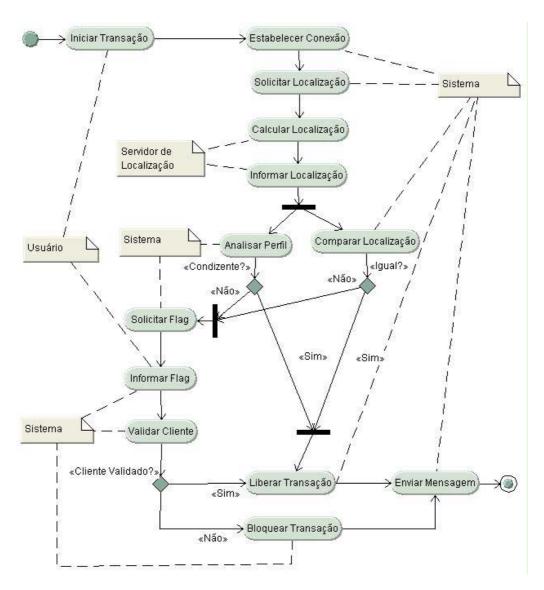


Figura 18 – Diagrama de Atividades

4.1.1.3.1 A Modelagem Literária

Para que o sistema proposto atenda aos requisitos funcionais levantados ele deve executar as seguintes atividades que são exibidas de acordo com o seu executor:

Atividades do Cliente:

- Iniciar Transação atividade executada pelo cliente ao iniciar uma transação financeira via cartão magnético em um terminal fixo.
- Informar Flag atividade executada pelo cliente para liberar uma transação financeira quando a localização do mesmo e/ou os dados do seu perfil são incompatíveis.

Atividades do Sistema:

- Estabelecer Conexão atividade executada pelo sistema para estabelecer conexão com o servidor de localização.
- Solicitar Localização atividade executada pelo sistema após estabelecer conexão com o servidor de localização. Esta atividade resulta na captura dos dados da localização do cliente.
- Comparar Localização após receber os dados da localização do cliente enviados pelo servidor de localização, o sistema compara a localização do cliente com a localização do terminal fixo constante na sua base de dados.
- Analisar Perfil quando o cliente inicia uma transação financeira, o sistema verifica no histórico de transações deste cliente a frequência com que ele utiliza aquele terminal fixo e realiza o tipo de transação em execução.
- Solicitar Flag esta atividade é executada caso a comparação da localização do cliente com a localização do terminal fixo dê um resultado diferente e/ou o perfil do cliente não seja compatível com o contexto em que a transação está sendo executada.
- Validar Cliente caso o sistema solicite ao cliente que ele informe o seu flag para liberação da transação em curso, o sistema deve executar esta atividade para verificar se o flag informado pelo cliente é válido.

- Liberar Transação esta atividade é executada quando a localização do cliente é
 igual a do terminal móvel e o perfil do cliente é compatível com o seu histórico
 de transações financeiras realizadas, ou ainda, quando o *flag* informado pelo
 cliente é validado pelo sistema.
- Bloquear Transação esta atividade é executada quando o flag informado pelo cliente não é validado pelo sistema.
- Enviar Mensagem esta atividade é executada ao final de uma transação financeira concluída ou não. Consiste em enviar uma mensagem SMS para o celular do cliente contendo informações sobre o local da compra ou saque, o valor transacionado, o nome do cartão, a data e a hora da transação e o *status* da transação (concluída ou na concluída).

Atividades do Servidor de Localização:

- Calcular Localização atividade executada pelo servidor de localização que calcula a posição do cliente de acordo com a tecnologia adotada pela operadora de telefonia móvel celular.
- Informar Localização ao executar esta atividade, o servidor de localização fornece a informação de localização do cliente no momento em que a transação financeira foi iniciada

4.1.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

De acordo com BOOCH *et al* (1990), requisitos não funcionais mostram como os aspectos não-funcionais do sistema encontram-se definidos, ou seja, especifica características que permitem intermediar o desenvolvimento do projeto de software, como, por exemplo, desempenho, segurança, robustez, extensibilidade, usabilidade e confiabilidade.

Assim, para o modelo em questão temos:

 Desempenho - o sistema proposto deverá ter uma ótima performance, visando acompanhar o fluxo de transações dos usuários.

- Extensibilidade o sistema estará pronto para receber novas funcionalidades e módulos, sem grandes impactos e custos de manutenção.
- Confiabilidade o sistema não poderá ficar indisponível por mais de 20 minutos e por mais de uma vez por mês.

4.2 A MODELAGEM LÓGICA

Para iniciar um processo de modelagem lógica, é necessária a adoção de um modelo conceitual de dados a ser utilizado. Devido às particularidades da natureza da informação geográfica, foram desenvolvidas soluções específicas para a modelagem de dados geográficos. Dentre estas soluções estão algumas orientadas a objeto que são: GMOD, Geo-OOA, MADS, Geo-OMT, Perceptory e UML-GeoFrame. BORGES (1997) apresenta estes modelos de forma detalhada.

O principal objetivo de utilizar um modelo conceitual geográfico é oferecer um conjunto de primitivas que serão utilizadas pelo projetista durante a modelagem de uma aplicação geográfica e facilitar a comunicação entre o projetista, os desenvolvedores e os usuários envolvidos.

O modelo escolhido para o desenvolvimento deste trabalho é o Geo-OMT, proposto por BORGES (1997). Ele é um *framework* conceitual que fornece um diagrama de classes básicas para auxiliar o projetista na modelagem dos dados geográficos de uma aplicação. Este *framework* é uma extensão do modelo OMT (*Object Modeling Technique*).

Neste item será apresentada, seguindo as primitivas do Geo-OMT, a modelagem lógica do sistema proposto através do Diagrama de Classes e as especificações das classes que o compõe, e o Diagrama de Estado que descreve o comportamento do sistema que está sendo modelado. Os diagramas são modelados utilizando uma ferramenta CASE,

compatível com a linguagem UML, sendo que os elementos que compõem estes diagramas tem como base o conjunto de estereótipos definidos pelo modelo Geo-OMT.

4.2.1 O DIAGRAMA DE CLASSES

O Diagrama de Classes estrutura estaticamente os objetos que são gerenciados pelo sistema. As classes podem ser agrupadas em pacotes lógicos, e relacionadas entre si por meio de associação, dependência e especialização. Todos estes relacionamentos são mostrados no Diagrama de Classes juntamente com as suas estruturas internas, que são os atributos e operações ou métodos. Um sistema pode possuir vários Diagramas de Classes, já que não são todas as classes que estão inseridas em um único diagrama e uma certa classe pode participar de vários Diagramas de Classes. A criação dos Diagramas de Classes é feita a partir da especificação dos requisitos funcionais, onde as classes são identificadas e, então, elas são descritas e relacionadas entre si. A Figura 19 apresenta a estrutura deste diagrama da UML para o modelo proposto neste trabalho.

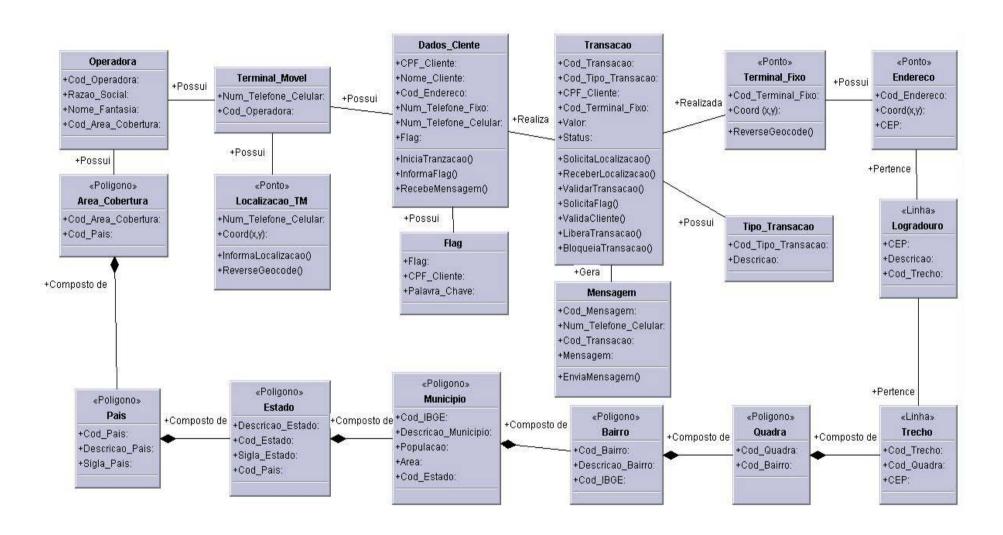


Figura 19 – Diagrama de Classes

4.2.1.1 Especificação das Classes

A seguir, uma descrição sucinta das classes, de seus atributos e operações definidas para as classes do diagrama da Figura 19.

Classe		
Dados_Cliente: classe que armazena os dados relativos aos clientes do que utilizam o		
sistema.		
Atributos	Descrição	
CPF_Cliente	Número do CPF do cliente e atributo único de	
	identificação do cliente.	
Nome_Cliente	Nome do cliente.	
Cód_Endereço	Código do endereço do cliente.	
Num_Telefone_Fixo	Número de telefone fixo para contato com o cliente.	
Num_Telefone_Fixo	Número de telefone fixo para contato com o cliente.	
Num_Telefone_Celular	Número do telefone celular do cliente.	
Flag	Código para liberação de transações financeiras.	
Operações	Descrição	
IniciaTransacao()	Operação ou método implementado para iniciar transação.	
InformaFlag()	Operação ou método implementado para informar flag.	
RecebeMensagem()	Operação ou método implementado para receber	

Classe		
Flag: classe que armazena o flag (seqüência de caracteres) cadastrado pelo cliente.		
Atributos	Descrição	
Flag	Sequência de caracteres cadastrada pelo cliente, atributo	
1 lug	de identificação do registro.	
CPF_Cliente	Número do CPF do cliente que cadastrou o <i>flag</i> .	

mensagem.

Transação: classe que armazena os registros das transações financeiras iniciadas pelos clientes.

Atributos	Descrição
Cod_Transacao	Número sequencial que identifica unicamente o registro
	da transação financeira iniciada pelo cliente.
Cod Tipo Transacao	Código que identifica o tipo da transação financeira
Cou_ripo_riansacao	iniciada pelo cliente.
CPF_Cliente	CPF do cliente que iniciou a transação financeira.
Cod Terminal Fixo	Código de identificação do terminal fixo onde a transação
Cou_remmar_rixo	financeira foi iniciada.
Valor	Valor movimentado na transação financeira.
Status	Indica se a transação foi concluída ou não.
Operações	Descrição
SolicitaLocalizacao()	Operação ou método implementado para solicitar a
Solie la Localizació ()	informação de localização do servidor de localização.
	imormação de localização do servidor de localização.
Recebert ocalização()	Operação ou método implementado para receber a
ReceberLocalizacao()	
, and the second	Operação ou método implementado para receber a
ReceberLocalizacao() ValidarTransacao()	Operação ou método implementado para receber a informação de localização do servidor de localização.
, and the second	Operação ou método implementado para receber a informação de localização do servidor de localização. Operação ou método implementado para comparar as
ValidarTransacao() SolicitaFlag()	Operação ou método implementado para receber a informação de localização do servidor de localização. Operação ou método implementado para comparar as informações de localização e analisar o perfil do cliente.
ValidarTransacao()	Operação ou método implementado para receber a informação de localização do servidor de localização. Operação ou método implementado para comparar as informações de localização e analisar o perfil do cliente. Operação ou método implementado para solicitar <i>flag</i> .
ValidarTransacao() SolicitaFlag() ValidaCliente()	Operação ou método implementado para receber a informação de localização do servidor de localização. Operação ou método implementado para comparar as informações de localização e analisar o perfil do cliente. Operação ou método implementado para solicitar <i>flag</i> . Operação ou método implementado validar informações
ValidarTransacao() SolicitaFlag()	Operação ou método implementado para receber a informação de localização do servidor de localização. Operação ou método implementado para comparar as informações de localização e analisar o perfil do cliente. Operação ou método implementado para solicitar <i>flag</i> . Operação ou método implementado validar informações enviadas pelo cliente.

realização da transação financeira.

Classe

Tipo_Transacao: classe que armazena todos os tipos de transações financeiras possíveis de serem realizadas pelos clientes.

Atributos	Descrição
Cod_Tipo_Transacao	Número sequencial que identifica unicamente o tipo da transação financeira.
Descricao	Texto descritivo do tipo de transação cadastrado.

Classe

Mensagem: classe que armazena todas as mensagens enviadas pelo sistema para o celular do cliente.

Atributos	Descrição
Cod_Mensagem	Número sequencial que identifica unicamente a
	mensagem enviada para o celular do cliente.
Num Telefone Celular	Número do telefone celular do cliente para onde a
Trum_releione_certial	mensagem é enviada.
Cod Transacao	Código que identifica a transação financeira iniciada pelo
Cou_ffalisacao	cliente.
Operações	Descrição
EnviaMensagem()	Operação ou método implementado para enviar
Eliviaiviciisagelli()	mensagem SMS para o celular do cliente.

Classe

Terminal_Fixo: classe que armazena os dados dos terminais de localização física fixa através dos quais as transações financeiras são realizadas.

Atributos	Descrição
Cod_Terminal_Fixo	Número sequencial que identifica unicamente um terminal
	fixo.

Coord (x, y)	Par de coordenadas (latitude e longitude) do ponto onde está localizado o terminal fixo.
Operações	Descrição
ReverseGeocode()	Operação ou método responsável por determinar o endereço do terminal fixo a partir de uma posição geográfica – Coord (x, y).

Terminal_Movel: classe que armazena os dados do terminal móvel (celular) atribuído a um cliente.

Atributos	Descrição
Num_Telefone_Celular	Número do telefone celular atribuído a um cliente.
Cod_Operadora	Número sequencial que identifica a operadora de telefonia móvel celular que pertence o celular atribuído ao cliente.

Classe

Operadora: classe que armazena os dados das empresas operadoras de telefonia móvel celular.

Atributos	Descrição		
Cod_Operadora	Número sequencial que identifica unicamente a empresa		
	operadora de telefonia móvel celular.		
Pazza Social	Razão social da empresa operadora de telefonia móvel		
Razao_Social	celular.		
Nome_Fantasia	Nome fantasia da empresa operadora de telefonia móvel		
	celular.		
	Número sequencial que identifica unicamente a área de		
Cod_Area_Cobertura	cobertura da empresa de telefonia móvel celular a qual		
	pertence o aparelho celular do cliente.		

Area_Cobertura: classe que armazena os atributos geográficos da área de cobertura da empresa operadora de telefonia móvel celular a qual pertence o celular do cliente.

Atributos	Descrição		
Cod_Area_Cobertura	Número sequencial que identifica unicamente a área de		
	cobertura a empresa operadora de telefonia móvel celular.		
Cod_Pais	Código de identificação do país abrangido pela área de		
	cobertura da operadora de telefonia móvel celular.		

Classe

Localização TM: classe que armazena os atributos geográficos da localização do terminal móvel / cliente.

Atributos	Descrição		
Num_Telefone_Celular	Número do telefone celular do cliente utilizado para		
	capturar sua localização.		
Coord (x, y)	Par de coordenadas (latitude e longitude) do ponto onde		
Coold (x, y)	está localizado o cliente.		
Operações	Descrição		
InformaLocalizacao()	Operação ou método implementado para informar a		
miormazocanzacao()	localização terminal móvel / cliente.		
	Operação ou método responsável por determinar o		
ReverseGeocode()	endereço do terminal móvel a partir de uma posição		
	geográfica – Coord (x, y).		

Classe

Pais: classe que armazena os atributos geográficos relacionados ao cadastro dos países na base de dados do sistema.

Atributos			De	escrição			
Cod_Pais	Número	seqüencial	que	identifica	unicamente	0	país
	cadastrac	lo.					

Descricao_Pais	Nome do país cadastrado.
Sigla_Pais	Sigla do país cadastrado.

Estado: classe que armazena os atributos geográficos relacionados ao cadastro da divisão político administrativa dos países cadastrados na base de dados do sistema.

Atributos	Descrição
Cod_Estado	Código que identifica unicamente o registro de um estado.
Descrição_Estado	Nome do estado.
Sigla_Estado	Sigla relacionada ao estado.
Cod_Pais	Código do país ao qual pertence o estado cadastrado.

Classe

Municipio: classe que armazena os atributos geográficos relacionados ao cadastro da divisão político administrativa dos estados cadastrados na base de dados do sistema.

Atributos	Descrição		
Cod_IBGE	Código utilizado pelo IBGE que identifica unicamente o		
	registro de um município.		
Descricao_Municipio	Nome do município.		
Populacao	População do município.		
Área	Área do município.		
Cod_Estado	Código do estado ao qual pertence o município.		

Bairro: classe que armazena os atributos geográficos relacionados ao cadastro dos bairros pertencentes aos municípios cadastrados na base de dados do sistema.

Atributos	Descrição
Cod_Bairro	Código que identifica unicamente o registro de um bairro.
Descricao_Bairro	Nome do bairro.
Cod_IBGE	Código utilizado pelo IBGE para identificar o município ao qual pertence o bairro cadastrado.

Classe

Quadra: classe que armazena os atributos geográficos relacionados ao cadastro das quadras pertencentes aos bairros cadastrados na base de dados do sistema.

Atributos	Descrição
Cod_Quadra	Código que identifica unicamente as quadras de um
	bairro.
Cod Bairro	Código do bairro ao qual pertence a quadra cadastrada na
Cod_Bairro	base de dados do sistema.

Classe

Trecho: classe que armazena os atributos geográficos relacionados ao cadastro dos trechos que compõem as quadras.

Atributos	Descrição
Cod_Trecho	Código que identifica unicamente o trecho.
Cod_Quadra	Código que identifica a quadra a qual pertence o trecho.
CEP	Código de Endereçamento Postal de um trecho, ou seja, nome do logradouro.

Logradouro: classe que armazena os atributos geográficos relacionados ao cadastro dos logradouros de uma cidade.

Atributos	Descrição			
CEP	Código de Endereçamento Postal que identifica			
	unicamente um logradouro.			
Descricao	Nome do logradouro.			
Cod_Trecho	Código do trecho que compõe o logradouro.			

Classe

Endereco: classe que armazena os atributos geográficos relacionados ao cadastro de endereços.

Atributos	Descrição			
Cod_Endereco	Código que identifica unicamente um endereço.			
Coord (x, y)	Par de coordenadas (latitude e longitude) do ponto onde está localizado o endereço.			
CEP	Código de Endereçamento Postal que identifica unicamente um logradouro.			

4.2.2 O DIAGRAMA DE ESTADO

O Diagrama de Estado apresenta os comportamentos dinâmicos do sistema. Ele representa a seqüência de estados apresentados por um objeto ou interação durante o seu "ciclo de vida" em resposta a estímulos recebidos, junto com suas próprias ações e respostas.

Por exemplo, o comportamento de um objeto é modelado em função de qual estado ele está inicialmente, e para qual estado ele vai passar quando um determinado evento ocorrer.

Os estados representam as condições dos objetos em um determinado momento. Os eventos representam incidentes que causam a mudança de um estado para outro. As linhas de transição descrevem o movimento de um estado para o outro. Cada linha de transição é rotulada com o evento que causou a transição.

A modelagem lógica do serviço proposto contempla apenas o Diagrama de Classes e o Diagrama de Estado da UML. Sendo assim, após a apresentação dos mesmos, é apresentado, no capítulo 5, os resultados e as sugestões para trabalhos futuros.

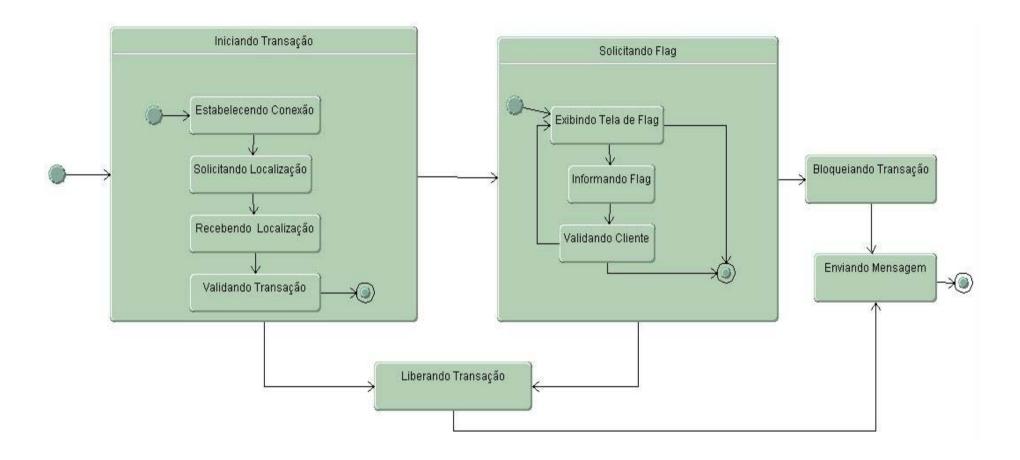


Figura 20 – Diagrama de Estado

CAPÍTULO V

Este capítulo apresenta os resultados do trabalho de pesquisa realizado e os trabalhos que podem ser desenvolvidos a partir do mesmo. Também serão expostas as condições de trabalho disponíveis e as adversidades encontradas durante o processo de pesquisa que resultou nesta dissertação.

5 RESULTADOS E TRABALHOS FUTUROS

Esta dissertação apresentou um modelo de uma aplicação LBS que utiliza funcionalidades da tecnologia SIG para viabilizar o fornecimento do serviço que ela provêm com valor agregado para seus usuários. Ou seja, a aplicação em questão, além de fornecer um serviço baseado na localização do seu usuário, implementa funcionalidades típicas de Sistemas de Informações Geográficas, tais como, "geocodificação" e técnicas de análise espacial viabilizando, assim, o fornecimento do serviço proposto para a aplicação.

No Brasil, as empresas operadoras de telefonia móvel celular já realizaram algumas experiências de serviços de localização para os seus assinantes. A Telemig Celular foi uma das pioneiras, lançando, em Belo Horizonte, um serviço de procura por estabelecimentos comerciais utilizando a tecnologia de triangulação de ERBs. A Vivo pretende lançar até o fim de 2004 seus primeiros serviços de localização. A Oi está testando soluções de localização, mas não revela a data do lançamento. A Claro e a TIM não pretendem investir em LBS ainda em 2004 - porém, a pressão do mercado pode fazer com que adiantem seus planos, pois os LBS constituem novos serviços a serem oferecidos para os seus assinantes, além dos serviços de voz e SMS, para aumentar a receita e manter seus assinantes satisfeitos e fiéis.

No entanto, o fornecimento de LBS com funcionalidades SIG agregadas é um desafio novo, em termos de custo e trabalho, visto que, para isso é necessário a construção de bases cartográficas com escalas grandes que, por exemplo, permita mapear objetos como quadras e ruas de uma cidade, para suportar aplicar funcionalidades SIG em aplicações LBS.

Para permear o processo de modelagem da aplicação proposta neste trabalho, as duas tecnologias aplicadas foram amplamente estudadas.

No capitulo 2, foi apresentada a tecnologia LBS no seu estado da arte e as tecnologias afins. O material utilizado para elaborar a revisão bibliográfica sobre esta tecnologia foi, basicamente, originado de pesquisas na *Web* e, na sua maioria, apresenta uma visão técnica com enfoque para o mercado. Isto se deve ao fato desta ser uma tecnologia desenvolvida recentemente e, por isso, ainda não existe um grande número de publicações científicas sobre o tema.

Outro fator relevante na elaboração da revisão bibliográfica sobre a tecnologia LBS foi a dificuldade de estabelecer contatos com especialistas da área. Durante o período de elaboração da revisão bibliográfica foram várias as tentativas de estabelecer contatos com estes especialistas, no entanto, sem sucesso. Esta dificuldade se deu devido, principalmente, a dois fatores: poucas pessoas trabalham com a tecnologia e as que a conhecem, na maioria das vezes, estão no mercado e têm contrato de fidelidade com empresas onde trabalham, ou seja, os seus conhecimentos só podem ser aplicados na dentro da empresa em que o especialista atua, impossibilitando, assim, a troca de conhecimentos e experiências na aplicação da tecnologia LBS. Este tipo de problema revela a necessidade de se desenvolver, neste âmbito, parcerias entre mercado e academia.

No capitulo 3, foram apresentados os principais conceitos de SIG e o estado da arte desta tecnologia. O material bibliográfico utilizado aqui apresenta um enfoque mais científico, visto que esta tecnologia, apesar de também ser muito recente, já possui uma vasta quantidade de publicações, trabalhos relacionados e até mesmo um renomado

consórcio (Open GIS) entre os interessados no assunto para se dedicar exclusivamente ao desenvolvimento da tecnologia SIG.

No capitulo 4, foram apresentados os diagramas da UML para a aplicação proposta. Estes diagramas apresentam a lógica que deve ser utilizada para implementar os requisitos para a aplicação em questão. Eles foram desenvolvidos de acordo com o *framework* Geo-OMT (BORGES, 1997) que é um modelo conceitual que contempla os tratamento dos dados geográficos e estabelece um conjunto de primitivas a serem utilizadas pelo projetista durante o processo de modelagem.

É importante ressaltar que, antes de iniciar a construção dos diagramas foi realizado um estudo das ferramentas CASE disponíveis no mercado. Este estudo teve como objetivo apontar a ferramenta que fornecesse os recursos requeridos para a implementação dos diagramas com base nas primitivas estabelecidas pelo *framework* escolhido. A ferramenta escolhida foi a Object Domain (OBJECT DOMAIN SYSTEM, 2004), que, apesar de apresentar limitações para a modelagem de dados geográficos, foi a ferramenta que mais apresentou recursos para tratar estes dados. Um exemplo disso é a facilidade oferecida de criar "estereótipos" para diferenciar as classes de dados geográficos das demais.

Os diagramas resultantes do processo de modelagem da aplicação proposta representam uma simplificação da realidade para facilitar o entendimento da aplicação que poderá ser desenvolvida futuramente. A escolha pelos diagramas da UML foi motivada pelas características que a linguagem oferece em recursos de visualização, especificação, construção (ligada a uma linguagem de programação) e documentação dos diagramas do modelo. O modelo resultante da construção destes diagramas viabiliza o desenvolvimento de uma aplicação LBS que implementa funcionalidades de Sistemas de Informações Geográficas.

Para dar continuidade a este trabalho, a partir dos diagramas da aplicação apresentados aqui, pode-se partir para a etapa de implementação do código fonte da aplicação proposta. No entanto, para o cumprimento das atividades desta etapa, é necessário

estabelecer parcerias com empresas de telecomunicações para utilizar-se da infraestrutura delas. Um gargalo para esse processo de implementação da aplicação são os altos investimentos que devem ser depreendidos, pelas operadoras de telefonia móvel celular, em implantação de tecnologias de localização e na construção da base de dados geográfica em escala apropriada pra a aplicação LBS que se deseja oferecer. A realização de investimentos deste nível, geralmente, depende de projeções de mercado e aprovação do setor de marketing das empresas de telefonia móvel celular. O mercado brasileiro acena que os investimentos das operadoras, neste sentido, devem acontecer até o final do segundo semestre deste ano de 2004 e durante o ano de 2005. Tudo indica que este pode ser um nicho de mercado promissor. Uma vez que a tecnologia esteja disponível, é chegada a hora de usar a imaginação para desenvolver soluções para atender às novas necessidades assimiladas pelos usuários dos serviços das operadoras de telefonia móvel celular, aumentando, assim, as receitas existentes e gerando outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C. M., LIMA, T. S., e LARANJEIRA, C. E. P. (2000)

"Disponibilização dos Dados Geográficos da Região Metropolitana de Salvador Através de uma Rede de Alta Velocidade". Projeto REMA – Salvador – BA. Página Web: http://www.rnp.br/wrnp2/2000/posters/GIS Salvador.pdf

ANATEL (2003). Página Web: http://www.anatel.org.br

ARDREY, F. A., e FERNANDES, T. (2002). "Estratégia de Evolução da Arquitetura de Redes Celulares 2G (CDMA, TDMA E GSM) e 2,5G (CDMA 3G1X E GPRS) para Tecnologias de 3G (CDMA 1XEVDO E UMTS)". Página Web: http://www.fesp.br/data/anteprojeto_modelo.pdf

BARROS, R. (2000). "Location Based Services - A explosão do AirTime". World Telecom. Página Web: http://worldtelecom.idg.com.br

BISHR, Y. (2002). "OGC's Open Location Services Initiative & Location Interoperability Forum: Putting them together" Página Web: http://www.jlocationservices.com/LBSArticles/

BORGES, K. A. V. (1997). "Modelagem de Dados Geográficos: Uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas". Dissertação de Mestrado. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte.

BOOCH, G., RUMBAUGH, J. e JACOBSON, I. (2000). "UML – Guia do Usuário". São Paulo: Editora Campus.

BRAIN, M., e HARRIS, T. (2000) "How GPS Receivers Work". How Stuff Works: http://www.howstuffworks.com/gps.htm

BURROUGH, P. A., e MCDONNELL, R. A. (1998) "Principles Geographical Information Systems". New York: Oxford university Press.

CÂMARA, G. (1995). "Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos". Tese de Doutorado, INPE, São José dos Campos – São Paulo – Brasil.

CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. e D'ALGE, J. C. (2001) "Introdução à Ciência da Geoinformação". São José dos Campos, INPE.

DAVIS, C. (2002). "Mapeamento de crime e policiamento comunitário". Edição nº 24 – Revista Infogeo.

DIAS, K., e SADOK, D. (2003). "Internet Móvel: Tecnologias, Aplicações e QoS." Página Web: http://www.coinfo.cefetpb.edu.br/~cak/projeto-topicos/MobInternet.pdf

EDGECOM (2004) – Empresa de Consultoria em Estratégias de Telecomunicações. (2004) Página Web: http://www.edgecom.com/

FCC - FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION (2003). Página Web: http://www.fcc.gov

FERREIRA, K. R., *et al.* (2002). "Arquitetura de Software para Construção de Bancos de Dados Geográficos com SGBD Objeto-Relacionais. *in* XVII Simpósio Brasileiro de Banco de Dados". Gramado, Rio Grande do Sul - Brasil.

FONSECA, F. (2002). "Onde estou, pra onde vou?". Edição nº 16 - Revista Infogeo.

FORNARI, M. R. (2002). "GML 2.0 - *Geography Markup Language*". Instituto de Informática –UFRGS. Página Web:

http://bombas.inf.ufrgs.br/ciochpe/sig/relatorio pesquisa gml20.pdf.

GIMODIG (2003). "*Small - Display Cartography*". Página Web: http://gimodig.fgi.fi/pub_deliverables/D3_1_1.pdf

GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J., e RHIND, D. W. (1991). "Geographical Information Systems – Principles and Applications". New York, John Wiley and Sons.

GLONASS (2003). Página Web: http://www.glonass-center.ru

GSM WORLD (2003). Página Web: http://www.gsmworld.com

HARA, T. L. (1998). "Técnicas de Apresentação de Dados em Geoprocessamento". Página Web: http://www.dpi.inpe.br/dpi/teses/lauro/

HOP-ON (2003). Página Web: http://www.hop-on.com/

KOEPPEL, I. (2002) "What are Location Services? - From a GIS Perspective". Página Web: http://www.jlocationservices.com/education/what_lbs.htm

LAKE, R. (2001). "Introduction to Geography Markup Language (GML). "Galdos Systems, Inc. Página Web: http://www.gisloung.com.

LAKE, R. (2001). "Enabling the Geo-spatial Information Web". Galdos Systems Inc. Página Web: www.galdosinc.com.

LILLESAND, T. M. e KIEFER, R. W. (1994) "Remote Sensing and Image Interpretation". 3^a ed. New York: J. Wiley

LIMA, E. N. (2003). "Serviços Móveis Baseados em Localização" Página Web: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriallbs/

LISBOA, F. J. (1998). "Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica". In: ESCOLA DE INFORMÁTICA DA SBC SUL. UFV - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - Minas Gerais – Brasil.

MEIRELLES, M. *et al.* (2001). "Utilização da XML/GML, XML/XSLT e XML/SVG no Contexto das Funcionalidades Relacionadas às Estratégias de Visualização Cartográfica: Uma Discussão Introdutória". UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – Brasil.

MIRANDA, R., BAPTISTA, C., ALMEIDA, R., CATÃO, C. e PAZINATTO, E. (2002) "IGIS – Um *Framework* para Sistemas de Informações Geográficas em N-Camadas usando um SGBD Objeto-Relacional". IV Simpósio Brasileiro de GeoInformática, Caxambu - Minas Gerais – Brasil.

MOCKE, C. (2002). "Mobile GIS (m-GIS) and Location Based Services (LBS)" Universidade de Stellenbosch, África do Sul.

MOURA, A. C. M. (1997). "Cartografia II". Belo Horizonte: IGC/UFMG. (Apostila de curso).

OBJECT DOMAIN SYSTEM (2004). Página Web: http://www.objectdomain.com

OLIVEIRA, C. (2003). "Um Modelo Para Serviços Baseados Em Localização".

Dissertação de Mestrado do Curso de Mestrado em Engenharia da Computação –

Ênfase em Geomática da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

OPEN GIS CONSORTIUM (2004). Página Web: http://www.opengis.org

Open GIS Consortium. (2002). "Geography Markup Language (GML) Implementation Specification, version 2.1.1.". Página Web: http://www.opengis.org/docs/02-069.pdf.

PRANDI, D. (2002). "Israelense LocatioNet chega ao Brasil como parceira da Compera" Gazeta Mercantil – Campinas – São Paulo – Brasil.

REDE ANSP, (2004). "GPS" Página Web: http://www.ansp.br:8080/fbr/ntp/GPS/

REVISTA VALOR, (2001). "Sistema Galileu: A Independência Européia" Página Web: http://www.inov.pt/pt/noticia/arquivo_01.html

RODRIGUES, W. (2003). "Comunicações Móveis" Página Web: http://www.jdbte.com.br/wjrteleco/Unit11.pdf

SYED, S. e CANNON, M. E. (2004). "Fuzzy Logic-Map Matching Algorithm for Vehicle Navigation in Urban Canyons". Universidade de Calgary, Calgary/Alberta – Canadá.

TRIMBLE. (2003). "All about GPS" Página Web: http://www.trimble.com/gps/

VIRRANTAUS, K., MARKKULA, J., GARMASH, A., TERZIYAN, V., VEIJALAINEN, J., KATANOSOV, A., e TIRRI, H. (2001). "Developing GIS-Supported Location-Based Services". Universidade de Jyväskylä, Finlândia.

W3C - World Wide Web Consortium. (2002). Página Web: http://www.w3c.org.

WORBOYS, M. F. (1995). "GIS: A Computing Perspective". Londres: Taylor and Francis.

ZELOS GROUP (2003). Página Web: http://www.zelosgroup.com

ZURSTRASSEN, L. (2000). "LBS – *Location Based Services*" Página Web: http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/zurstrassen/lbs 01.html

BIBLIOGRAFIAS COMPLEMENTARES

AN – Informática (2002). "Sistema ajuda motoristas no trânsito de São Paulo". Página Web: http://www.an.com.br/2002/jun/04/0inf.htm

ARAÚJO, S. (2002). "Modelo de Processamento de uma folha de estilo XSLT". iMasters. Página Web: http://www.imasters.com.br/web/colunistas/xml/02.asp.

BARROS, R. (2002). "A Nova Era da Telefonia Móvel". Edição nº 23 – Revista Infogeo.

BARROS, R. (2002). "A Questão da Precisão". Edição nº 24 – Revista Infogeo.

BOOCH, G., RUMBAUGH, J. e JACOBSON, I. (1999). "The Unified Modeling Language User Guide". Addison-Wesley.

CÂMARA, G. (2000). "Pespectivas ao Norte do Equador". Edição nº 16 – Revista Infogeo.

CÂMARA, G., CASANOVA, M. A., HEMERLY, A., MEDEIROS, C. M. B., e MAGALHÃES, G. (1997). "Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica". SAGRES Editora, Curitiba – Paraná – Brasil.

DAVIS, C., e CÂMARA, G. (2001). "Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica". In: "Introdução à Ciência da Informação". Júlio César Lima D'Alge e outros (orgs.). INPE. São José dos Campos – São Paulo – Brasil.

DAVIS, C., e BORGES, K. (1997). "Modelagem de Dados Geográficos." Página Web: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/cap2-modelagem.pdf

FINNIEAR, L. (2003). "When will we see an LBS Killer App?", Página Web: www.geospatial-online.com

GEOEXPLORE (2002). "Clientes ArcIMS". Página Web: http://users.task.com.br/geoexplore

GTA/UFRJ, (2002). "UMTS - *Universal Mobile Telecommunication System*" Página Web: http://www.gta.ufrj.br/~rezende/cursos/eel879/trabalhos/umts/

HORTINHA, J. (2002). "«m-Marketing» - uma nova «buzzword» que vale milhões". Página Web: http://www.e-marketinglab.com/m mkt jnegocios.html

KLEIMAN, E. (2002). "Combining wireless location services with enterprise ebusiness applications". Página Web:

http://www.gisdevelopment.net/technology/lbs/techlbs007pf.htm

KÖLMEL, B., e ALEXAKIS, S. (2002). "*Location Based Advertising*". Página Web: http://www.mobiforum.org/proceedings/papers/13/13.2.pdf

LÄHTEENMÄKI, J. (2002). "*Mobile Location Methods*". Página Web: http://www.vtt.fi/tte/rd/location-techniques/mobile_location.pdf

LESSA, R. (2001). "Estudo sobre a Internet Móvel e o m-commerce". Página Web: http://www.ulbra.tche.br/facin/pdf/tcc-gr-2001-1-04a.pdf

LOCATIO NET (2003). Página Web: http://www.locationet.com

MAGON, A., e SHUKLA, R. (2001). "LBS, the ingredients and the alternatives". Página Web: http://www.gisdevelopment.net/technology/lbs/techlbs006.htm

MOREIRA, M. (2002). "Geotecnologia evolui para celulares e palmtops". Página Web: http://www.cadesign.com.br/res_gis_84.htm

NEOMARKETS (2002). "*CRM*". Página Web: http://www.neomarkets.com.br/neonews

NIEDZWIADEK, H. (2002). "Where is the Value in Location Services?" Página Web: http://www.jlocationservices.com/company/ImageMatters/valueinlocationservices.html

OLIVEIRA, A. (2002). "*A aposta na localização*". Página Web: http://worldtelecom.idg.com.br/wt/revista/42/0004

OMG (2004) – Object Management Group. Página Web: http://www.omg.org/

POSEIDON (2004) - Poseidon for UML by Gentleware. Página Web: http://www.gentleware.com

PULVER.COM'S LBS REPORT (2003). Página Web: www.pulver.com/lbsreport

ROCHA, M. (2002). "Computação Móvel: Serviços Baseados na Localização de Unidades Móveis (LBS)". Página Web: http://www.dpi.ufv.br/~nacif/cmovel/Aula16.pdf

SEIXAS, J. A. (2003). "Modelo de Dados Geográficos para Sistemas de Gestão Urbana Municipal". Dissertação de Mestrado. NCE/IM/UFRJ, Rio de Janeiro.

SENSESTREAN (2002). "Location-Based Application FrameworkTM". Página Web: http://www.sensestream.com/images/LBAF_White_Paper.pdf

SHIODE, N., BATTY, M., LONGLEY, P., e MAGUIRE, D. (2002). "The Impact and Penetration of Location-Based Services" Página Web: http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/Paper%2050.pdf

SILVA, R. (2002). "SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO (L.B.S.)- Os novos desafios da Geografia Digital". Página Web: http://www.gismedia.pt

VERVERIDIS, C. (2001). "Overview of Location Based Services and implementation of an innovative LBS service applicable to the Mobile Marketing Industry Sector".

Dissertação de Mestrado em Information Systems da Athens University of Economics and Business

VERVERIDIS, C., e POLYZOS, C. (2002). "Mobile Marketing using a Location Based Service". Página Web: http://www.mobiforum.org/proceedings/papers/13/13.2.pdf

W3C - World Wide Web Consortium. (2003). "Scalable Vector Graphics (SVG)". Página Web: http://www.w3.org/Graphics/SVG/Overview.htm8

ZURSTRASSEN, L. (2002). "LBS (Location-Based Service)". Página Web: http://sites.uol.com.br/helyr/lbs zurstrassen.html