

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AVL COM REGRAS PARA
ATUALIZAÇÃO DE POSIÇÃO INTELIGENTE QUE MELHORA
A REPRESENTAÇÃO DOS TRAJETOS.**

Rogério Rodrigues Amarante

**Campinas
2007**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

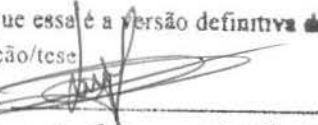
**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AVL COM REGRAS PARA
ATUALIZAÇÃO DE POSIÇÃO INTELIGENTE QUE MELHORA
A REPRESENTAÇÃO DOS TRAJETOS.**

Rogério Rodrigues Amarante
Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Alves Trabanco

Dissertação de Mestrado apresentada à
Comissão de pós-graduação da Faculdade
de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
da Universidade Estadual de Campinas,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Civil, na área
de concentração de Transportes.

Campinas
2007

i

Atesto que essa é a versão definitiva da
dissertação/tese
Prof. Dr. 
Matricula 258492 - 0308107

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA:	
T/UNICAMP	
Am13d	
V	Ex.
TOMBO BCCL	74539
PROC	16.145-07
C ☐	D ☒
PREÇO	11,00
DATA	10/10/07
BIB-ID	414098

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Am13d Amarante, Rogério Rodrigues
Desenvolvimento de sistema AVL com regras para
atualização de posição inteligente que melhora a
representação dos trajetos / Rogério Rodrigues
Amarante.--Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Jorge Luiz Alves Trabanco
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Localização automática de veículos. 2.
Monitoramento de veículos. 3. Rastreamento
automático. 4. Sistema de Posicionamento Global. 5.
Transporte rodoviário. I. Trabanco, Jorge Luiz Alves.
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês:	<i>AVL system development with intelligent position update rules that enhance tracks representations</i>
Palavras-chave em Inglês:	<i>AVL, Automatic vehicle location, Dispatch, Precison tracking</i>
Área de concentração:	Transporte
Titulação:	Mestre em Engenharia Civil
Banca examinadora:	Edvaldo Simões da Fonseca Junior, Maria Teresa Françoso e Diógenes Cortijo Costa
Data da defesa:	16/03/2007
Programa de Pós-Graduação:	Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AVL COM REGRAS PARA
ATUALIZAÇÃO DE POSIÇÃO INTELIGENTE QUE MELHORA
A REPRESENTAÇÃO DOS TRAJETOS.**

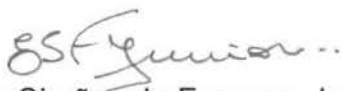
Rogério Rodrigues Amarante

Dissertação de mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Jorge Luiz Alves Trabanco

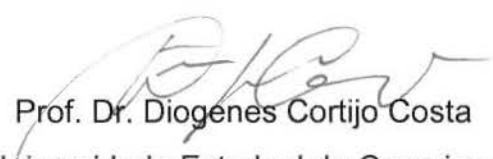
Presidente e Orientador / Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Edvaldo Simões da Fonseca Junior
Universidade de São Paulo



Profa. Dra. Maria Teresa Françoso
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Diogenes Cortijo Costa
Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 16 de março de 2007

À curiosidade, à minha família e à Amanda.

AGRADECIMENTOS

Angelo Juliato – Colaboração na versão 2 do Rastreador

Cebi Informática – Colaboração no desenvolvimento das versões 3 e 4

Denize Ribeiro Amarante – Correção Ortográfica / Gramatical da Dissertação

Departamento de Água de Americana – Ajuda no monitoramento da versão 3

Edvaldo Simões da Fonseca Junior – Orientações para melhoria o trabalho

Jorge Luiz Alves Trabanco – Além da orientação, pela amizade

Marcos Rogério Genari – Colaboração na versão 3 do Rastreador

Mario Cremashi – Grande colaboração no desenvolvimento da versão 4

Maria Teresa Françoso – Colaboração no desenvolvimento da dissertação

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xix
LISTA DE SÍMBOLOS	xxv
RESUMO	xxvii
ABSTRACT	xxix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Estrutura do Trabalho	2
2. SISTEMA AVL	3
2.1. Definição de AVL (Localizador Automático de Veículos)	3
2.2. Aplicações	4
2.3. Descrição do sistema	6
2.4. Breve histórico do AVL	7
2.5. Sistemas de Posicionamento	9
2.5.1. Posicionamento com Sistema de Celular	12
2.5.1.1. Localização baseada em uma única célula	13
2.5.1.2. Localização baseada em mais de uma célula	16
2.5.1.3. A-GPS	20
2.5.2. Posicionamento por Rádio Frequência (<i>network positioning</i>)	20
2.5.3. Posicionamento por GPS	21
2.5.3.1. <i>Satellite-Based Augmentation Systems (SBAS)</i>	24
2.6. Transmissão de Dados e Telemetria	26

2.6.1.	Transmissão de dados por radiofrequência	27
2.6.2.	Transmissão de dados via Celular	29
2.6.3.	Transmissão de dados via Satélite.....	31
2.6.4.	Sistemas de transmissão híbridos.....	33
2.7.	Monitoramento	33
2.7.1.	Bases Cartográficas	34
2.7.2.	Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	36
2.7.3.	Recursos Agregados.....	37
3.	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA AVL.....	39
3.1.	Objetivo do desenvolvimento	39
3.2.	Definições para o sistema proposto	40
3.3.	Versões desenvolvidas	40
3.3.1.	Versão 1, Laptop/Rádio.....	41
3.3.1.1.	Descrição do sistema	41
3.3.1.2.	Hardware / Software.....	42
3.3.1.3.	Desenvolvimento da Unidade Móvel	43
3.3.1.4.	Monitoramento	46
3.3.1.5.	Relevância de versão 1	47
3.3.2.	Versão 2, TinyTrak/Rádio.....	47
3.3.2.1.	Descrição do sistema	47
3.3.2.2.	Hardware / Software.....	48
3.3.2.3.	Desenvolvimento da Unidade Móvel	49
3.3.2.4.	Configuração da Central de Monitoramento.....	51
a)	Base Cartográfica	51
b)	Funcionamento	52
3.3.2.5.	Teste com transmissão de dados via rádio	53
a)	Considerações finais sobre os testes.....	56
3.3.2.6.	Relevância da versão 2	57
3.3.3.	Versão 3, Palm/GPRS.....	58
3.3.3.1.	Descrição do sistema	58
3.3.3.2.	Hardware / Software.....	59

3.3.3.3.	Desenvolvimento da Unidade Móvel.....	60
3.3.3.4.	Monitoramento	63
a)	Base Cartográfica	64
b)	Funcionamento	70
3.3.3.5.	Teste de disponibilidade do serviço GSM/GPRS	70
3.3.3.6.	Relevância da versão Palm/GPRS	72
3.3.4.	Versão 4, “AVL Trajeto Preciso” (versão final).	73
3.3.4.1.	Descrição do sistema	74
3.3.4.2.	Hardware / Software	76
3.3.4.3.	Desenvolvimento do <i>hardware</i> do sistema móvel	79
3.3.4.4.	Desenvolvimento do <i>software</i> do sistema móvel	85
3.3.4.5.	Desenvolvimento do algoritmo e regras de transmissão.....	86
c)	Sistemas Comuns (<i>Update Positioning Rate</i>).....	87
d)	Algoritmo desenvolvido.....	89
3.3.4.6.	Criação da ferramenta de monitoramento	101
a)	Escolha do <i>Mapserver</i>	101
b)	Outros <i>softwares</i> para o funcionamento do <i>Mapserver</i>	105
c)	Banco de dados / Base cartográfica	106
3.3.4.7.	Verificação da base cartográfica utilizada no experimento	109
3.3.4.8.	Funcionamento	111
3.3.4.9.	Relevância da versão 4.....	114
4.	DISCUSSÃO / CONCLUSÕES.....	115
4.1.	Sobre o desenvolvimento do Sistema AVL.....	115
4.2.	Melhoria na representação dos trajetos.....	116
5.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	119
5.1.	Versão com correção diferencial do posicionamento	119
5.2.	Versão com comunicação de dados via satélite	120
5.3.	Versão com posicionamento via celular.....	121
5.4.	Levantamento do mercado brasileiro de sistemas AVL	121
	REFERÊNCIAS.....	123
	ANEXO I – Licença ANATEL	129

ANEXO II – Lista de Componentes do TiniTrak (versão 2)	131
ANEXO III – Medições de propagação de rádio em Americana	133
ANEXO IV – Pinagem da placa Wismo Quik Q2501	135
ANEXO V – Exemplo de criação de tabela com PostgreSQL + PostGIS	137
ANEXO VI – Arquivo <i>Mapfile</i> : sp_estado.map	139
ANEXO VII – Arquivo <i>Mapscript</i> : sp_estado.phtml	143
ANEXO VIII – Programa em PHP que recebe dados do rastreador	145
ANEXO IX – Questionário	147
ANEXO X – Relação de sistemas para a sugestão de pesquisa	149

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1. - Esquema de um Sistema de AVL	6
Figura 2. - Evolução das soluções AVL	8
Figura 3. - Comparação entre tecnologias de serviços de localização	10
Figura 4. - <i>Cell ID</i>	14
Figura 5. - <i>Cell ID</i> com antena setorizada	14
Figura 6. - <i>Cell ID</i> com antena setorizada + distância	15
Figura 7. - <i>Cell ID</i> com antena setorizada, <i>Timing Advanced</i> e E-CGI	16
Figura 8. - <i>Angle Of Arrival</i>	17
Figura 9. - <i>Time to Arrival</i> (TOA)	17
Figura 10. - <i>Time Difference of Arrival</i> (TDOA)	18
Figura 11. - <i>Enhance Observed Time Difference</i> - E-OTD	18
Figure 12. - Método OTDOA-IPDL	19
Figura 13. - Representação esquemática de um segmento do código PRN gerado no satélite e no receptor	22
Figura 14. - Um satélite	23
Figura 15. - Dois satélites	23
Figura 16. - Três satélites	23
Figura 17. - Arquitetura WAAS	25
Figura 18. - Arquitetura básica de um sistema de telemetria	26
Figura 19. - Onda Eletromagnética	27
Figura 20. - Rede de telefonia celular	29
Figura 21. - Rede de satélites de baixa órbita <i>OrbComm®</i>	32
Figura 22. - Cobertura Nacional da <i>GlobalStar</i>	32

Figura 23. - Área de cobertura Mundial do sistema <i>GlobalStar</i>	32
Figura 24. - Central de monitoramento da empresa Lo-Jack.....	34
Figura 25. - <i>Display</i> e teclado para sistema AVL da empresa <i>Qualcomm</i>	38
Figura 26. - Sistema Laptop/Rádio	42
Figura 27. - Esquema de conexão da transmissão do rádio na entrada de áudio.....	45
Figura 28. - Esquema de conexão da recepção do rádio coma placa de som.	45
Figura 29. - Esquema necessário para chavear o PTT (<i>Push to Talk</i>)	45
Figura 30. - Sistema TinyTrak/Rádio	48
Figura 31. - Esquema eletrônico TinyTrak.....	50
Figura 32. - TinyTrak Montado	50
Figura 33. - Primeiro teste positivo de monitoramento	52
Figura 34. - Mapa de Americana com amostragem de testes de propagação de RF....	53
Figura 35. - Cidade de Americana com pontos marcados para amostragem.....	54
Figura 36. - Distância, relevo e a viabilidade do uso do sinal em 50W.....	56
Figura 37. - Sistema Palm/GPRS.	59
Figura 38. - <i>Handheld</i> Utilizado	62
Figura 39. - Receptor GPS Utilizado	62
Figura 40. - Exemplo visualização do trajeto no AutoDesk MapGuide	70
Figura 41. - Mapa com a amostragem da qualidade de sinal GSM em Americana.....	71
Figura 42. - Sistema “AVL Trajeto Preciso”	76
Figura 43. - Motorola G18.....	77
Figura 44. - Siemens AC45	77
Figura 45. - Placa adotada no Experimento (Lado Componente).....	78
Figura 46. - Placa adotada no Experimento (Lado Solda).....	78
Figura 47. - Antenas da unidade móvel.....	80
Figura 48. - Conexões da Placa Wismo Quik Q2501	80
Figura 49. - Conector de cartão SIM e Cartão SIM	81
Figura 50. - Conector Molex 53748	81
Figura 51. - Formato do conector DB9 padrão	81
Figura 52. - Placa Wismo Quik Conector de 80 vias em destaque.....	82
Figura 53. - Momento dos testes com a fonte no osciloscópio.....	83

Figura 54. - Placa base com fonte de Alimentação.....	84
Figura 55. - Placa de interface (SIM Card e porta serial)	84
Figura 56. - Ilustração do esquema da placa de interface	84
Figura 57. - <i>Mother Board</i> (kit de desenvolvimento)	86
Figura 58. - Comparação de diferentes tipos de taxa de atualização.	88
Figura 59. - Representação "Ideal" do trajeto rastreado.	89
Figura 60. - Objeto rastreado e a função para detecção do momento da atualização... 93	
Figura 61. - Problema apresentado no Algoritmo de detecção de deflexão.....	96
Figura 62. - Solução para curvas longas e extensas.	97
Figura 63. - Resultado da combinação dos dois fluxogramas.....	100
Figura 64. - Arquitetura do Funcionamento do <i>mapscript</i> do <i>Mapserver</i>	104
Figura 65. - Página HTML criada pelo <i>mapscrit</i> (ex: pesquisa temporal).....	108
Figura 66. - Problema: Representação de trajetos aparentemente deslocados.	110
Figura 67. - Comparação do mapeamento utilizado com a medição direta.	111
Figura 68. - Veículo pessoal (1) rastreado dia 27/01/2007	113
Figura 69. - Veículo comercial (3) rastreado dia 26/01/2007	113
Figura 70. - Veículo comercial (3) rastreado dia 29/01/2007	113
Figura 71. - Veículo pessoal (1) rastreado dia 12/12/2006	113
Figura 72. - Sistema de rastreamento sem regra de atualização inteligente (RAI)	114

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1. - Exatidão em diferentes tecnologias de posicionamento por celular.....	13
Tabela 2. - Comparação de exatidão entre sistemas de posicionamento para AVL.....	24
Tabela 3. - Situação Cartográfica Nacional.....	35
Tabela 4. - Recursos agregados ao sistema de Localização.....	38
Tabela 5. - Custo com transmissão de dados GPRS em planos pós-pagos.....	61
Tabela 6. - Taxa de atualização para Frotas.....	88
Tabela 7. - Quantidade de atualizações.....	90
Tabela 8. - Estimativa de custos mensais com transmissão de dados GPRS.....	91
Tabela 9. - Sistemas similares no vendidos no Brasil.....	149

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 2G** - Segunda Geração de telefonia celular
- 2G+** ou **2.5G** - Geração intermediária entre a segunda e a terceira
- 3G** - Terceira Geração de telefonia celular
- AGPS** - *Assisted GPS*
- AM** - *Amplitude modulation*
- AMPS** - *Advanced Mobile Phone Service*
- ANATEL** - Agência Nacional de Telecomunicações
- AOA** - *Angle of Arrival*
- API** - *Application Programming Interface*
- APRS** - *Automatic Position Reporting System*
- ARM** - *Acorn RISC Machine*
- AS** - *Anti-Spoofing*
- ASCII** - *American Standard Code for Information Interchange*
- AVL** - *Automatic Vehicle Location* (Localização Automática de Veículos)
- BT** - *Bluetooth*
- CAD*** - *Computer Aided Dispatch* (Monitoramento Orientado por Computador)
- CAD**** - *Computer Aided Designed* (Projeto Orientado por Computador)
- CDMA** - *Code Division Multiple Access*
- CEP** - *Circular Error Probable*
- CESVI** - Centro de Experimentação e Segurança Viária
- CI** - *Cell Identification*
- CI+RTT** - *Cell ID + Round Trip Time*

CI+Rx - *Cell Identification + Signal Strength*
CI+TA - *Cell Identification + Timing Advance*
COCAR - *Comissão de Cartografia*
CONCAR - *Comissão Nacional de Cartografia*
DCS - *Digital Celular System (Sistema Celular Digital)*
DECCA - *Low frequency continuous wave phase comparison navigation*
DGPS - *Differential Global Positioning System*
DGN - *Abreviação de Design*
DOP - *Dilution of Precision (Degradação da Precisão)*
DOS - *Disk operating system*
E911 - *Enhanced 911 - Wireless Services*
E-CGI - *Enhanced - Cell Global Identity*
EDGE - *Enhanced Data rates for GSM Evolution*
EGNOS - *Euro Geostationary Navigation Overlay Service*
E-GSM - *Extended GSM*
E-OTD - *Enhanced Observed Time Difference*
ERB - *Estação Rádio Base (o mesmo que **RBS** - Radio Base Station)*
ESRI - *Environmental Systems Research Institute*
EUA - *Estados Unidos da América*
FAA - *Federal Aviation Administration*
FM - *Frequency modulation*
GAGAN - *GPS Aided Geo Augmented Navigation*
GCC - *GNU Compiler Collection (Compilador C da GNU)*
GDAL - *Geospatial Data Abstraction Library*
GLONASS - *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*
GLP - *General Public License*
GNSS - *Global Navigation Satellite Systems*
GPRS - *General Packet Radio Service*
GPS - *Global Positioning System*
GSM - *Global System for Mobile Communications*
HTTP - *HyperText Transfer Protocol*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM - *International Business Machines Corporation*
IGC - Instituto de Geociências
IIS - *Internet Information Server*
I/O - *Input / Output*
IP - *Internet Protocol*
LED - *Light-Emitting Diode*
LBS - *Localization Based Services*
LMU - *Location Measurement Units*
LORAN - *Long-Range Navigation System*
MNDNR - *Minnesota Department of Natural Resources*
MS - *Mobile Station* (o mesmo que “telefone celular”)
MSAS - *Japanese Multi-Functional Satellite Augmentation System*
MSC - *Mobile Switching Center* (Central de Comutação de Celular)
NASA - *National Aeronautics and Space Administration*
NAVSTAR - GPS - *NAVigation Satellite with Time And Ranging GPS*
NB - *Node B*
NMEA - *National Marine Electronics Association*
NMR - *Network Measurement Results*
NNSS - *Navy Navigation Satellite System*
OEM - *Original Equipment Manufacturer*
OGC - *Open GIS Consortium*
OTDOA-IPDL - *Observed Time Difference of Arrival - Idle Period in Downlink*
PC - *Personal Computer*
PHP - *PHP: Hypertext Preprocessor*
PM - *Phase modulation*
PRN - *Pseudo Random Noise*
PTT - *Push to Talk*
RAI - *Regra de Atualização Inteligente*
RF - *Rádio Frequência*
RFG - *Robert Frances Group*

RFID - *Radio Frequency Identification*
RISC - *Reduced instruction set computer*
RTCM - *Radio Technical Commission for Maritime services*
RTD - *Real Time Difference*
RTK - *Real Time Kinematic*
RTS - *Radio Transceiver Station*
RTT - *Round Trip Time*
Rx - *Receive*
SA - *Selective Availability*
SAD69 - *South American Datum 1969*
SBAS - *Satellite Based Augmentation System*
SFN - *System Frame Number*
SGBD - *Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados*
SHF - *Super High Frequency*
SIG - *Sistema de Informações Geográficas*
SIM - *Subscriber Identity Module*
SMD - *Superficial Mounting Device*
SMLC - *Serving Mobile Location Center*
TA - *Timing Advance*
TCP - *Transmission Control Protocol*
TDMA - *Time Division Multiple Access*
TDOA - *Time Difference of Arrival*
TIFF - *Tagged Image File Format*
TNC - *Terminal Node Controller*
TOA - *Time of Arrival*
TX - *Transmit*
UART - *Universal Asynchronous Receiver / Transmitter*
UBX - *U-BloX (Protocolo para GPS de propriedade da empresa U-Blox)*
UDP - *User Datagram Protocol*
UHF - *Ultra High Frequency*
UMN - *Universidade de Minnesota*

UMTS - *Universal Mobile Telecommunications System*

US - *United States*

UTM - *Universal Transverse Mercator*

VHF - *Very High Frequency*

WAAS - *Wide Area Augmentation System*

WFS - *Web Feature Service*

WGS84 - *World Geodetic System 1984*

WLAN - *Wireless Local Area Network*

WMS - *Web Map Service*

LISTA DE SÍMBOLOS

φ - Latitude Geodésica;
 λ - Longitude Geodésica;
 a - Semi-eixo maior (Geodésia);
 b - Semi-eixo menor (Geodésia);
 f - Achatamento (Geodésia);
 h - Altitude Geométrica (Geodésia);
 m - Metros;
bps - Bits por segundo (informática);
kbps - Quilobits por segundo, $1000 * \text{bps}$ (informática);
Mbps - Megabits por segundo (informática);
km - Quilômetros;
dBm - Decibéis em miliwatt - Medida de taxa de potência (Eletrônica);
W - Watts de potência (Eletrônica);
 a - Amplitude (telecomunicações);
 f - Frequência (telecomunicações);
 p - Fase (telecomunicações);
 λ - Onda (telecomunicações);
Hz - Ciclos por segundo, Hertz (telecomunicações);
KHz - Quilohertz, $1000 * \text{Hz}$ (telecomunicações);
MHz - Megahertz, $1000 * \text{KHz}$ (telecomunicações);
GHz - Gigahertz, $1000 * \text{MHz}$ (telecomunicações).

RESUMO

AMARANTE, R. R. **DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AVL COM REGRAS PARA ATUALIZAÇÃO DE POSIÇÃO INTELIGENTE QUE MELHORA A REPRESENTAÇÃO DOS TRAJETOS**. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 153 p. Dissertação de Mestrado.

As empresas que precisam gerir suas frotas de veículos estão cada vez mais utilizando sistemas AVL (Localização Automática de Veículos). Com este sistema é possível conhecer a posição de um veículo em uma central de monitoramento, permitindo, com isso, as mais variadas aplicações dentro de atividades como segurança, logística, atendimento de emergência, etc.. Os produtos AVL disponíveis, normalmente são configurados com taxas de atualização que variam de 1 até 15 minutos, a fim de proporcionar uma boa relação custo benefício para as aplicações procuradas atualmente. Contudo, este formato utilizado, mostra com deficiência quais vias trafegou um veículo em áreas urbanizadas. Aumentar a taxa de atualização significa aumento de gastos com comunicação e armazenamento de dados, em contrapartida a redução da frequência agrava a representação do trajeto, principalmente em áreas urbanas. **Assim, este trabalho propõe apresentar o desenvolvimento de um sistema AVL com uma nova abordagem na atualização de posição, que além de representar melhor os trajetos rastreados dentro de áreas urbanas, evite o aumento significativo de gastos**, pois quanto maior aderência do mesmo em relação ao percurso efetuado pelo veículo, maior o valor agregado às aplicações. Esta melhoria na representação dos trajetos poderá possibilitar a criação de novas abordagens de utilização de sistemas AVL que necessitam de mais precisão.

PALAVRAS CHAVE: AVL, Localização Automática de Veículos, Monitoramento, Rastreamento Preciso.

ABSTRACT

AMARANTE, R. R. **AVL SYSTEM DEVELOPMENT WITH INTELLIGENT POSITION UPDATE RULES THAT ENHANCE TRACKS REPRESENTATIONS.** Campinas, School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design, State University of Campinas, 2005. 153 p. Master Thesis.

The use of AVL (Automatic Vehicle Locator) systems by companies that need to manage their fleet has considerably increased. It is possible with this system to know the vehicle position in a dispatch center, allowing several applications like safety and security, logistics, and emergency attendance. The available AVL products are usually configured with update rates between 1 and 15 minutes, in order to provide a good cost/benefit relationship. However, this update rate shows with deficiencies the route that a vehicle went through in urban areas. Increasing the update rate also increases expenses with communication and storage data; and, on the other hand, decreasing the frequency diminishes the representation of tracks, especially in urban areas. **Thus, this master thesis proposes to show the AVL development with a new approach in position update, that also better represents the tracks in urban areas, without having significant increase of expenses,** therefore, the better adherence to the tracked trajectory, the greater will be the perceived value of the system applications. This trajectory representation enhancement will make possible the creation of new approaches in AVL systems utilization that need accuracy.

KEYWORDS: AVL, Automatic Vehicle Location, Dispatch, Precision Tracking.

1. INTRODUÇÃO

Automatic Vehicle Location (AVL) são sistemas “inteligentes” para transporte que basicamente informam o posicionamento de veículos rastreados a uma central de monitoramento. É indicado principalmente para empresas que precisam gerir suas frotas, auxiliando a tomada de decisão com fornecimento de informações, hoje indispensáveis, podendo atuar diretamente nos veículos rastreados, automatizando processos, ajudando na segurança e na logística.

Utilizado desde 1969 (GILLEN *et al.*, 2000, p. 5) nos Estados Unidos, começou a ser empregado no Brasil desde 1994 com equipamentos desenvolvidos para fins logísticos. O grande crescimento de sua utilização deu-se devido à possibilidade para auxílio da segurança patrimonial. E, uma vez embarcado em muitas frotas de empresas, os administradores puderam perceber melhor seus recursos e assim passou a ser utilizado também para outros fins, como por exemplo, logística (RODRIGUES, 2003b).

O crescimento tecnológico em franca expansão faz com que cada dia mais empresas ofereçam produtos AVL. Notam-se, entretanto, poucas publicações técnicas, trazendo com isso uma falta de divulgação do conhecimento e dificuldade de comparação entre os produtos, uma vez que empresas privadas mantêm sob segredo as tecnologias desenvolvidas.

Os sistemas AVL são divididos em unidades móveis e a central de monitoramento. A unidade móvel é composta pelos sistemas de posicionamento e comunicação, módulo de controle e acessórios (teclado, tela, sensores, atuadores, etc.). A central de monitoramento é composta por *hardware*, *software*, *dataware* (dados), *peopleware* (técnicos) e procedimentos para tomada de decisão. Conseqüentemente, a qualidade do sistema AVL está diretamente relacionada ao desenvolvimento da combinação destas tecnologias.

1.1. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema AVL **com regras de atualização inteligente, que apresenta maior aderência no trajeto rastreado em relação ao percurso real efetuado por um veículo**, e como objetivo secundário a economia de recursos com comunicação e o armazenamento de dados.

1.2. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos descritos a seguir:

O **primeiro capítulo** apresenta uma introdução e os objetivos do trabalho, além da descrição de todos os tópicos abordados.

O **segundo capítulo** apresenta a revisão bibliográfica sobre os conceitos de sistemas AVL mostrando detalhadamente os componentes necessários para o seu funcionamento como tecnologias de posicionamento, de transmissão de dados e de monitoramento.

No **terceiro capítulo** é abordado o desenvolvimento de um sistema AVL desde a escolha das tecnologias, até os testes de funcionamento visando o aprofundamento no conhecimento. Neste capítulo também serão apresentados soluções para melhoria da representação dos trajetos rastreados com sistemas AVL.

No **quarto capítulo** são apresentadas as conclusões sobre a pesquisa. Finalmente, no **quinto capítulo** são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

2. SISTEMA AVL

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica dos conceitos necessários para o entendimento de sistemas AVL e seus componentes.

2.1. Definição de AVL (Localizador Automático de Veículos).

AVL é um sistema de monitoramento de veículos baseado em computador que determina a posição atual de um objeto e transmite as informações (posição, estados, etc.) em tempo real para o *Computer Aided Dispatch* (CAD*) (JOHNSON E THOMAS 2000). Rodrigues (2003a) complementa afirmando que, a partir dos dados recebidos na central de monitoramento, são realizadas operações associadas.

Bahmdouni (2004) destaca que, inicialmente a tendência de mercado em relação à utilização de sistemas AVL, voltado para segurança, deixando em segundo plano a logística. Com o tempo, estas empresas perceberam que a importância do sistema vai muito além da segurança, alternando, com isso, sua otimização para operações logísticas e redução de custos.

2.2. Aplicações

Utilizado no auxílio para atendimento de emergência, em veículos de entregadores de pizzas, em caminhões, em monitoramento de carga, em logística e em toda aplicação, na qual a informação do posicionamento do veículo é utilizada nas tomadas de decisões (SEGANTINE, 2005).

Sistemas de localização de veículos são utilizados também para auxiliar na recuperação de veículos roubados/furtados, ou até mesmo para reduzir o valor do prêmio pago para as seguradoras (MUNDOGEO, 2006).

Lokaukos (2003) apresenta o sistema AVL como uma importante solução em gerenciamento de frotas de veículos e transporte público.

Gillen *et al.* (2000) afirma que as mais extensivas e rigorosas pesquisas sobre sistemas AVL em transporte de passageiros apontam recursos e benefícios em vários níveis como:

- Operações:
 - Ganho de produtividade nas empresas de transportes: incremento de viagens de passageiros, economia de capital (grande redução de tamanho de frotas e melhor utilização de veículos), menores custos para manutenção anual e por quilômetro rodado.
 - Maior aderência na programação de horários (exatidão no monitoramento da programação).
 - Aumento do número de passageiros que utilizam transportes públicos.
 - Redução de trabalho, ou seja, do número de supervisores nas rodovias.
 - Possibilidade de monitoramento do desempenho do motorista.
 - Detecção de alteração de rota pré-determinada.

- Comunicações:
 - Melhoria na comunicação entre supervisores, controladores e operadores, através do terminal móvel com mensagens de texto.
 - Redução do tráfego de voz nos rádios.
- Informações aos Passageiros:
 - Promove a capacidade de informar aos passageiros a previsão da chegada do ônibus, melhorando com isso, a qualidade dos serviços de trânsito e a tomada de decisão do viajante.
 - Redução das reclamações dos consumidores sobre o não cumprimento da programação.
- Programação e planejamento:
 - Fornecem dados mais completos e exatos em relação à programação e ao planejamento;
 - Redução significativa no tempo e na equipe de funcionários para preparação da programação;
- Segurança:
 - Melhoria da segurança do motorista e do passageiro (particularmente quando acoplado com tecnologia de alarme silencioso) por permitir a rápida localização dos veículos, auxiliando os policiais ou agentes de resgate.

2.3. Descrição do sistema

As partes que compõem o sistema AVL que serão apresentados podem ser observados na figura 1.

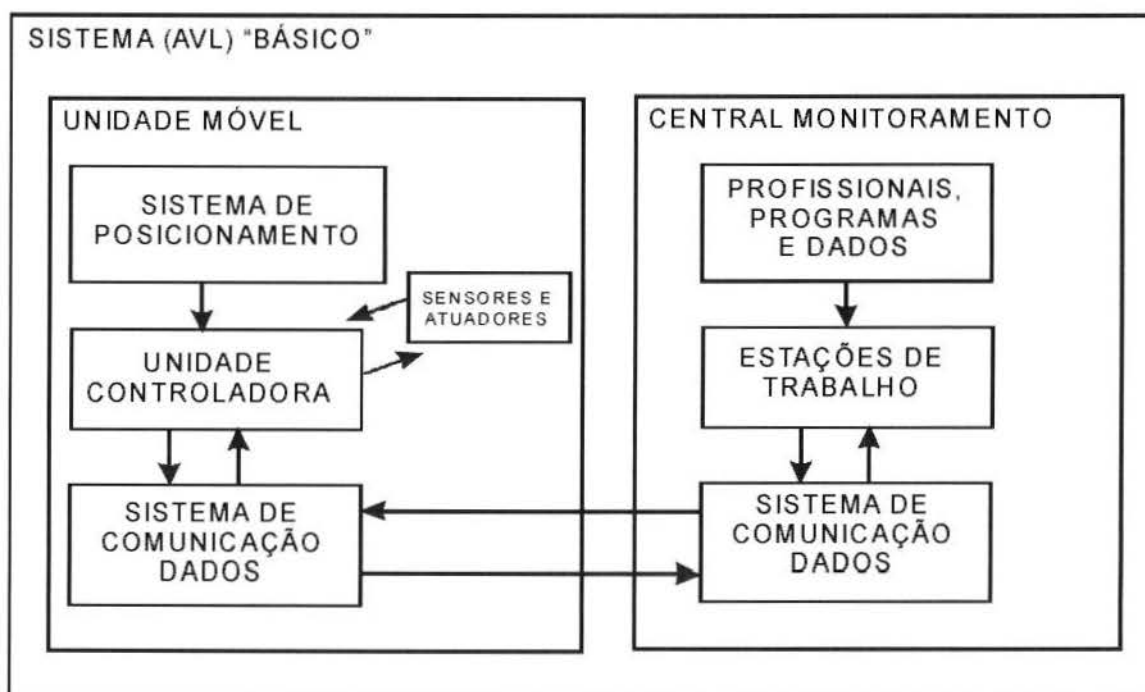


Figura 1. - Esquema de um Sistema de AVL

Taylor (2003) divide os sistemas AVL em duas partes principais: a unidade móvel e a central de controle. A unidade móvel é o equipamento instalado no objeto a ser rastreado e a central de controle é a estrutura na qual é realizado o monitoramento dos mesmos.

A unidade móvel normalmente é composta por três componentes: o sistema de localização, a unidade controladora e o sistema de comunicação com a central de controle. A unidade controladora é o módulo que comanda os demais periféricos do sistema, bem como toma as decisões.

A central de controle é um conjunto de equipamentos, *softwares* e técnicos necessários para o monitoramento dos objetos rastreados.

Rodrigues (2003a) afirma que os sistemas AVL são divididos em três componentes: aquisição de dados, sistema de comunicação e gestão de informação, em que o componente de aquisição de dados determina o posicionamento do objeto, faz a leitura do *status*¹ do veículo e informações sobre o comportamento do motorista. O sistema de comunicação é a tecnologia para o transporte bidirecional de dados entre a central e o veículo. A gestão de informação são os sistemas que efetuam o gerenciamento dos mesmos.

2.4. Breve histórico do AVL

Gillen *et al.* (2000) afirma que os sistemas AVL têm sido utilizados nos últimos 38 anos, começando em 1969 nos Estados Unidos por várias agências de trânsito. E em alguns casos foram implementadas mais de uma tecnologia para criar redundância no sistema.

O sistema tornou-se disponível pela primeira vez no Brasil, em 1994 por uma empresa fundada pelo ex-piloto de Formula 1, Nelson Piquet (AUTOTRAC, 2006).

Os sistemas AVL surgiram como um precário ponto em um mapa e foram evoluindo, agregando funcionalidades, integrações com outros sistemas e com a internet, conforme mostrado na figura 2. O uso de sistemas AVL pode ser tanto para logística como para segurança de carga, porém seu uso no Brasil começou principalmente para o gerenciamento de risco em função do aumento de sinistros, e

¹ **Status:** o mesmo que situação ou estado do veículo. Exemplos: porta fechada ou aberta, motor ligado ou desligado, temperatura do compartimento de carga, etc..

somente mais tarde foi valorizado para fins logísticos. Existe uma necessidade de mudanças de ordem cultural, social e tecnológica nas transportadoras para que haja maior percepção dos benefícios do uso do sistema, visto que há muitos recursos que poderão ser explorados se houver alteração na dinâmica interna das empresas e maior integração com outros setores produtivos (RODRIGUES, 2003b; ANEFALOS, 1999).

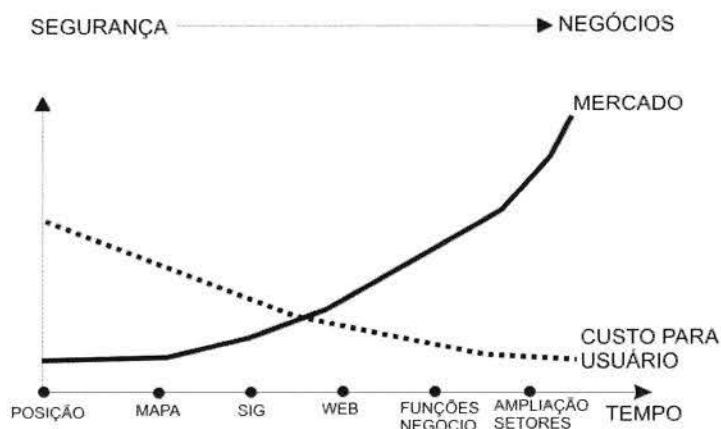


Figura 2. - Evolução das soluções AVL
 Fonte: adaptado de (RODRIGUES, 2003a)

A utilização de sistema AVL está em franco crescimento. Revistas especializadas como na Cadesign (CADESIGN, 2003), mostra que o mercado possui dezenas de fornecedores e em pouco mais de um ano, a revista Transurbana (TRANSURBANA, 2004) apresenta que existem cerca de 200 fornecedores, ficando claro o crescimento da oferta em um período de aproximadamente 1 ano.

Atualmente no Brasil, a utilização de localizadores de veículos pode ser observada até em veículos de passeio como item de fábrica (MUNDOGEO, 2006).

2.5. Sistemas de Posicionamento

Navegar de forma segura conhecendo sua posição geográfica, tanto na terra como no mar, nem sempre foi fácil. Em nossa cultura, por muito tempo o conhecimento, em conjunto com os astros (o Sol, os planetas e as estrelas) foram o meio de se posicionar em nosso planeta (SEGANTINE, 2005).

O posicionamento e a navegação, provavelmente, foram alguns dos primeiros problemas científicos a serem estudados pelo homem. Quanto mais se conhecia, mais se expandiam as aventuras e as expedições. As primeiras expedições usavam referências visuais como montanhas, rios e árvores. Entretanto em lugares como o oceano ou o deserto, dificilmente, encontram-se estas referências.

Mais tarde, os chineses inventaram a bússola, que chegou no século XIII na Europa iniciando uma revolução nas expedições e comércio pelo mundo. Porém a bússola não informa a posição e sim a direção do polo magnético.

Um dos primeiros passos para determinação do posicionamento pelos astros surgiu com o astrolábio, que possibilitava a determinação da latitude, porém, com grande margem de erro. Este instrumento tinha a deficiência da determinação do posicionamento em noites com pouca visibilidade. Em seguida surgiram novos instrumentos como o quadrante de Davis e o sextante que ajudavam na navegação através da observação das estrelas, contudo proporcionavam valores aproximados (MONICO, 2000).

Com o avanço da eletrônica e da radiocomunicação foram desenvolvidos vários sistemas como o *Long-Range Navigation System* (LORAN), *Low frequency continuous wave phase comparison navigation* (DECCA), *Global low frequency navigation system* (Ômega). Um dos primeiros sistemas baseados em satélites artificiais desenvolvido foi o *Navy Navigation Satellite System* (NNSS), também conhecido como Transit. Apesar

dos sistemas eletrônicos citados funcionarem, todos tinham algum tipo de problema: como baixa precisão, ausência de cobertura total no globo terrestre, altos custos, complexidade dos equipamentos, falta de padronização, restrição quanto ao uso civil, etc.. Então, na década de 70, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos iniciou o desenvolvimento do *NAVigation Satellite with Time And Ranging-Global Positioning System* (NAVSTAR-GPS) com o intuito de ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas (MONICO, 2000).

Atualmente existem muitas alternativas para a determinação da posição como exemplo, triangulação de antenas, posicionamento através de redes de celular *Localization Based Services* (LBS) e tecnologias baseadas em sensores *Radio Frequency Identification* (RFID), Redes sem fio (*Wireless Local Area Network* – WLAN, Bluetooth) e, em alguns casos, a combinação destes métodos (TAYLOR, 2003).

Lima (2003) afirma que quanto maior for a precisão do método de posicionamento, maior será o valor agregado ao serviço LBS. Na figura 3 pode ser observada a comparação de diferentes tecnologias de localização, sua exatidão e disponibilidade em diferentes áreas.

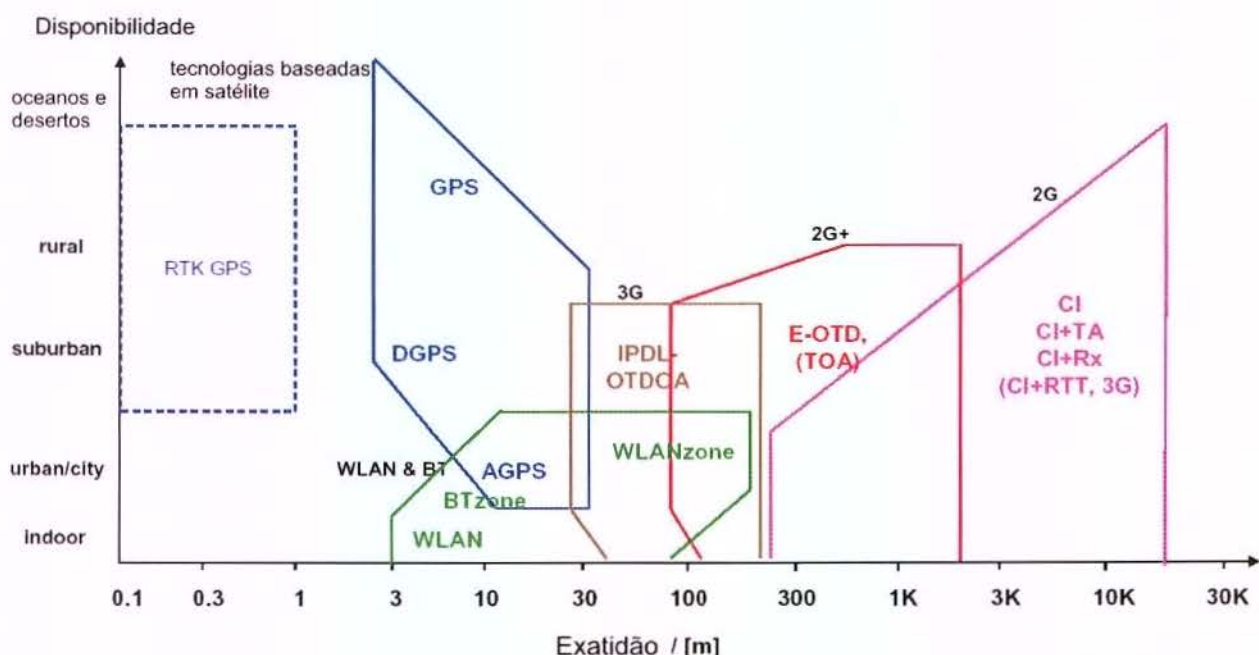


Figura 3. - Comparação entre tecnologias de serviços de localização

Fonte: (SYRJÄERINNE, 2001)

A seguir, uma breve descrição das tecnologias apresentadas na figura 3.

GPS – Sistema de rádio navegação baseado em satélites artificiais desenvolvido pelo departamento de defesa norte americano, detalhado no item 2.5.3.

RTK GPS – (*Real Time Kinematic*) Posicionamento com GPS com melhoria de exatidão através de correção diferencial instantânea com tecnologia otimizada para objetos em movimentos, transmitida via rádio. O alcance do funcionamento do sistema depende do alcance do rádio acoplado a base que transmite as correções. Sistema desenvolvido principalmente para utilização em serviços topográficos.

DGPS – (*Differential Global Positioning System*) Posicionamento com GPS com melhoria de exatidão e, correção diferencial transmitida via rádio de estações base de referência com posicionamento conhecido. Sistema normalmente utilizado para fins de navegação de precisão.

AGPS – (*Assisted GPS* ou A-GPS) é a combinação da tecnologia GPS com recursos de comunicação e posicionamento baseado em telefonia celular - LBS, detalhado no item 2.5.1.3.

WLAN e BT – (*Wireless Lan & Bluetooth*) – São tecnologias de rede sem fio que podem permitir o desenvolvimento de soluções de localização na área de cobertura do sistema. A diferença entre os padrões de sistemas de rede sem fio está, principalmente, no alcance do sinal.

2G – Segunda geração de telefonia celular. Em que foram desenvolvidas as tecnologias de localização: *Cell Identification* - **CI**, *Cell Identification + Timing Advance* - **CI+TA**, *Cell Identification + Signal Strength* - **CI+Rx** e *Cell ID + Round Trip Time* - **CI+RTT** explicadas no item 2.5.1.1.

2G+ ou 2.5G Tecnologia de telefonia celular intermediária entre a segunda e a terceira geração. Entre as tecnologias de posicionamento disponível estão: *Enhanced Observed Time Difference* - **E-OTD** e *Time of Arrival* – **TOA**, detalhadas no item 2.5.1.2.

3G – Terceira geração de celulares - *Universal Mobile Telecommunications System* – UMTS, em que está disponível a tecnologia de posicionamento *Observed Time Difference of Arrival - Idle Period in Downlink* - **OTDCA-IPDL** detalhada no item 2.5.1.2.

A determinação da coordenada é, sem dúvida, uma das operações mais importantes em sistemas AVL. Existem atualmente muitas tecnologias de posicionamento como opção. Apesar de muitos autores defenderem determinados sistemas, a melhor tecnologia a ser adotada pode variar em função das necessidades e das características da aplicação.

A seguir serão explanadas diversas tecnologias de posicionamento para sistemas AVL, os princípios de funcionamento, suas particularidades, vantagens e desvantagens.

2.5.1. Posicionamento com Sistema de Celular

A partir da infra-estrutura de telefonia celular foram desenvolvidas tecnologias de posicionamento para serem utilizadas nos mais variados fins. Os serviços que utilizam esta tecnologia são denominados *Localization Based Services* (LBS). Sua utilização em sistemas AVL deve atuar como um sistema complementar aos sistemas de posicionamento baseados em satélites artificiais em situações nas quais o GPS apresenta mau funcionamento como: grandes *canyons*, áreas fechadas ou cobertas ou ao lado de grandes edifícios (PORCINO, 2001).

De acordo com Lima (2003) devido a grande quantidade de tecnologias para determinação do posicionamento com redes de celular, existe uma falta de padronização que deveria ser resolvida para que os sistemas fossem mais precisos no posicionamento e compatíveis em diferentes regiões e entre operadoras.

Existe grande quantidade de tecnologias disponíveis para o posicionamento baseadas em rede celular que podem apresentar diferentes exatidões no posicionamento conforme pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1. - Exatidão em diferentes tecnologias de posicionamento por celular

Tecnologia	Rural	Suburbano	Urbano	Indoor
Cell ID	1 km – 35 km Normal: 15 km Extremo: 100 km	1 km – 10 km Normal: 5 km	Macro células 1 km – 10 km Normal: 5 km	10 m – 50 m
			Micro células: Faixa 50 m – 500 m Normal: 200m	
E-CGI	250 m – 35 km	250 m - 2.5 km	50 m – 550 m	Muito variável
E-OTD	50 m – 150 m	50 m – 150 m	50 m – 150 m	Bom
A-GPS	10 m	10-20 m	10-100 m	Variável

Compilado de (GSM, 2003)

2.5.1.1. Localização baseada em uma única célula

O **Cell ID** (Identificação de célula²) é o método mais simples de localização por celulares e também o de menor precisão. Seu funcionamento é baseado na identificação de qual célula o usuário está conectado, no posicionamento conhecido da antena e no raio de funcionamento da mesma como mostrado na figura 4. Este sistema é compatível com qualquer sistema celular, pois todos contêm a informação sobre qual

² **CELULA:** local onde fica a ERB (Estação Rádio Base) e a torre onde são instaladas as antenas que se comunicam com os celulares da rede.

célula o terminal móvel está alocado para poder fazer o encaminhamento das chamadas (LIMA, 2003).

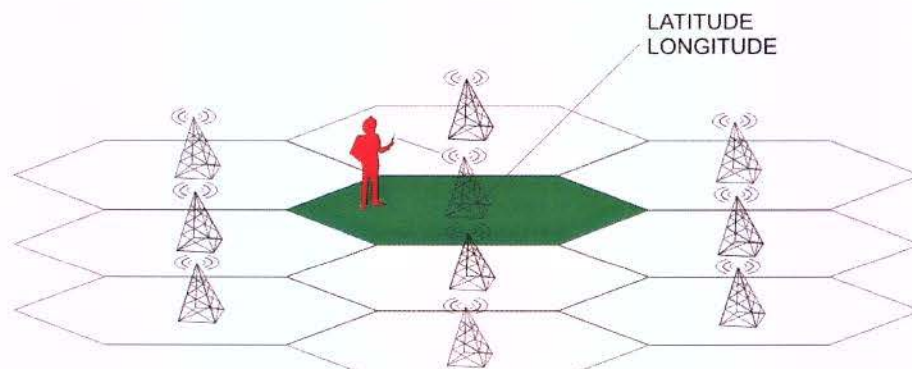


Figura 4. - Cell ID.

A precisão no posicionamento do sistema *Cell ID*, pode variar de 500 metros a mais de 10 km, dependendo do ambiente coberto pela célula. A disposição das células varia de acordo com a localidade; nas áreas rurais são normalmente mais espaçadas, enquanto que, nas áreas urbanas, são mais adensadas.

Existem também variações do sistema *Cell ID* que podem ser implementadas para melhoria da precisão do posicionamento. Dentre as tecnologias existentes, podem-se destacar as seguintes:

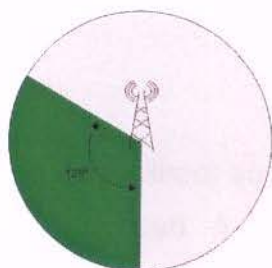


Figura 5. - Cell ID com antena setorizada.

Adaptado de (GSM, 2003)

Cell ID com antena setorizada.

A Estação Rádio Base (ERB) usualmente possui uma antena para cada setor de 120°, totalizando três antenas em uma mesma torre. Com a informação de qual destas três antenas o celular está conectado, é possível delimitar uma área menor, como exibido na figura 5, melhorando a exatidão do posicionamento.

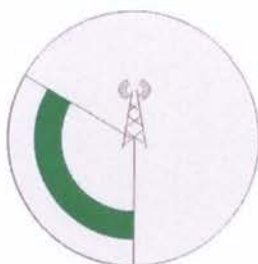


Figura 6. - Cell ID com antena setorializada + distância.

Adaptado de (GSM, 2003)

Cell ID com antena setorializada + distância

O funcionamento deste método está baseado na distância aproximada que um terminal móvel se encontra da ERB. A partir desta tecnologia, melhora-se a exatidão reduzindo a área do setor da célula a uma faixa de provável localização do terminal (celular), conforme demonstrado na figura 6 (GSM, 2003).

Nesta técnica a distância pode ser determinada basicamente de duas formas: com o recurso chamado **Timing Advance (TA)** ou **Round Trip Time (RTT)** que é medição do atraso do percurso de um sinal entre a ERB e o terminal móvel. Na outra forma chamada **Rx**, a aquisição da distância é feita, através da medição da potência do sinal (*Signal strength*) em conjunto com modelos de propagação da região (LAITINEN *et al*, 2001).

Cell ID com antena setorializada e Timing Advanced e E-CGI

Pela combinação da medição da propagação de diferentes antenas pode-se estimar a direção aproximada da torre até o celular. O nome dado a este recurso é *Enhanced - Cell Global Identity* (E-CGI). Na figura 7 pode ser observada a determinação do ângulo combinado com as técnicas de identificação de célula, antena setorializada e a determinação da distância.

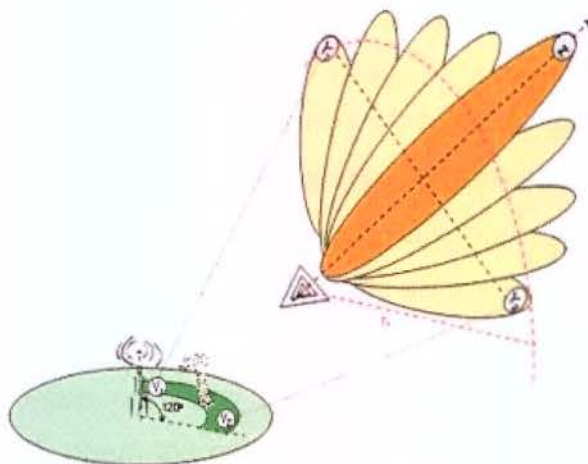


Figura 7. - Cell ID com antena setorizada, *Timing Advanced* e E-CGI
Adaptado de (LIMA, 2003)

A exatidão no posicionamento com sistemas baseados na tecnologia *Cell ID* pode variar em função da densidade das células existentes na região. Contudo, pode-se perceber que com a implementação de tecnologias adicionais como antena setorizada, *timing advance* e E-CGI ocorre uma diminuição da região do provável posicionamento.

2.5.1.2. Localização baseada em mais de uma célula:

Angle of Arrival (AOA)

A partir de duas ou mais torres mede-se a direção aproximada até o celular com técnica igual ao E-CGI. A interseção das linhas que partem das torres é o provável posicionamento do aparelho rastreado conforme mostrado na figura 8.

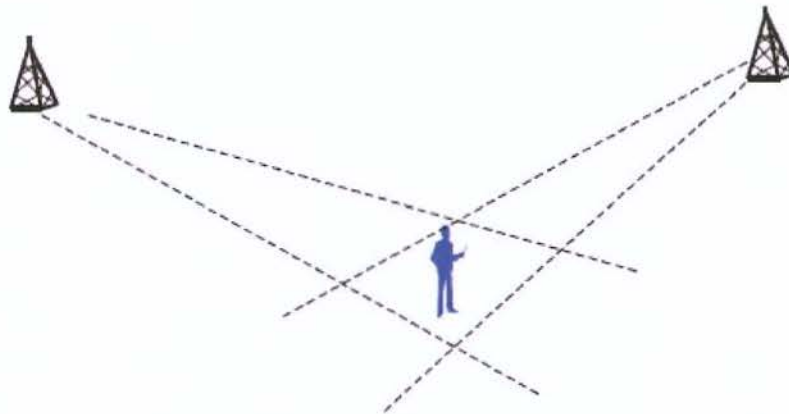


Figura 8. - *Angle Of Arrival*
Fonte: (LAITINEN *et al*, 2001)

Time of Arrival (TOA)

Os métodos de localização tipo TOA são baseados no cálculo do tempo de propagação do sinal pela rede móvel. Destacamos dois métodos principais: *Time Difference of Arrival* (TDOA) e *Enhanced Observed Time Difference* (E-OTD). A partir das distâncias entre o terminal (celular) e as ERBs em que é possível comunicação, o posicionamento pode ser determinado pela interseção conforme mostrado na figura 9.

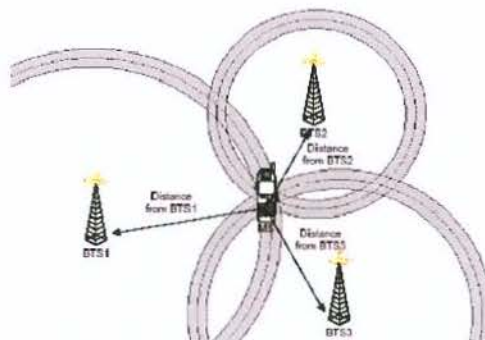


Figura 9. - *Time to Arrival (TOA)*
Fonte: (JONSSON e OLAVESSEN, 2002)

TDOA é a técnica baseada no tempo de propagação do sinal transmitido pelo celular até equipamentos chamados de *Location Measurement Units* (LMU) normalmente instalado na ERB. A determinação da posição é feita pela *Serving Mobile Location Center* (SMLC), como exibido na figura 10.

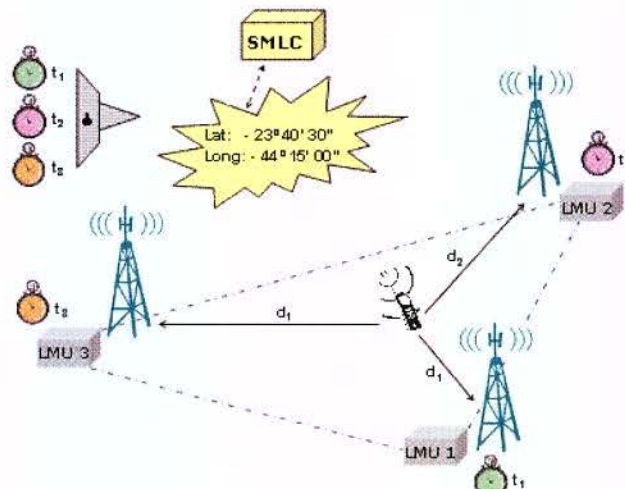


Figura 10. - Time Difference of Arrival (TDOA)
Fonte: (LIMA, 2003)

O princípio de funcionamento do *Enhanced Observed Time Difference* - E-OTD é o mesmo do TDOA. Contudo, nesta técnica, o terminal móvel calcula o tempo de propagação do sinal transmitido de, pelo menos, 3 ERBs localizadas até o terminal. De uma LMU com posicionamento conhecido é medido o tempo de propagação até as ERB. Com as informações enviadas pelos terminais e pela LMU, a SMLC calcula a posição do terminal (Celular). O esquema de funcionamento deste sistema é exemplificado na figura 11. Em regiões onde a densidade de ERB é grande, este método apresenta boa precisão mesmo em ambientes fechados.

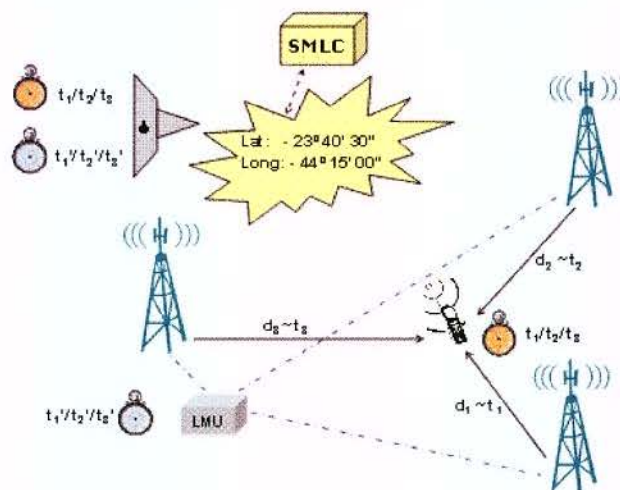


Figura 11. - Enhance Observed Time Difference - E-OTD
Fonte: (LIMA, 2003)

Observed Time Difference of Arrival – Idle Period in Downlink (OTDOA-IPDL)

OTDOA-IPDL é o padrão de posicionamento desenvolvido para a rede de telefonia celular de terceira geração UMTS. Nesta padronização a localização do terminal é determinada a partir da sobreposição das áreas de cobertura de diferentes ERBs, em que são computadas as diferenças no tempo de resposta do *System Frame Number* (SFN) até as torres que são denominadas de *Node B* (NB) na figura 12. Destes resultados, são estimadas distâncias a partir da parametrização de constantes determinadas pelas distâncias previamente conhecidas entre as torres e o *Real Time Difference* (RTD). A exatidão do sistema é estimada em 50m, porém quando combinado com GPS e correção diferencial pode-se chegar a até 10 centímetros (PORCINO, 2001).

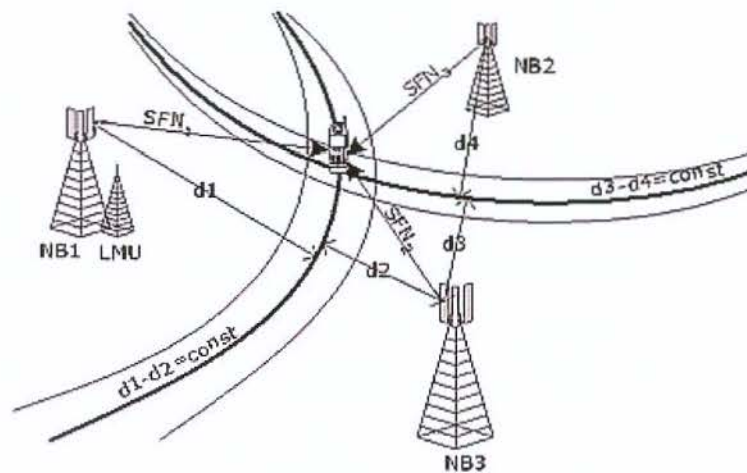


Figure 12. - Método OTDOA-IPDL

Fonte: (<<http://www.partner.plusgsm.pl/u235/navi/29756>> Visitado em: 19/12/06)

2.5.1.3. A-GPS

Assisted GPS ou A-GPS, é a tecnologia que determina o posicionamento com GPS auxiliado por sistema de posicionamento baseado em tecnologias de rede de celular também chamado de *Location Based Services (LBS)*. Esta tecnologia tem a vantagem da exatidão e área de cobertura global do sistema GPS combinado com o funcionamento em ambientes fechados e *canyons* urbanos. Entre as vantagens do sistema está também a inicialização mais rápida do GPS, devido ao recebimento das efemérides via rede de celular. Seu desenvolvimento foi alimentado em parte pelo mandato E911³ do *U.S. Federal Communications Commission* para requisição de posição de telefones celulares para serem disponibilizados no monitoramento de emergência.

A diferença do A-GPS para o sistema GPS convencional está na adição de diferentes elementos na equação. Nas redes de GPS existem apenas satélites e receptores, enquanto nas redes A-GPS existe uma comunicação com um servidor de assistência que tem alta capacidade de processamento e acesso a uma rede de referência, tornando a localização da posição mais rápida e mais eficiente que o GPS convencional (LAMANCE; DESALAS; JARVINEN, 2002).

2.5.2. Posicionamento por Rádio Frequência (*network positioning*)

O *Network Positioning* é um sistema de posicionamento baseado em infraestrutura terrestre de radiocomunicação de dados. O sistema contempla antenas

³ E911 - Regras aperfeiçoadas para melhorar a eficácia e a confiabilidade no monitoramento do serviço de emergência 911 norte americano com informações adicionais, como posicionamento, nas ligações de celulares.

próprias, instaladas em diversos pontos. Seu funcionamento é limitado pela região da cobertura das antenas. O sistema tem a vantagem de funcionar inclusive em ambientes fechados (ITURAN, 2005).

O princípio do funcionamento do sistema de posicionamento está na transmissão de um sinal emitido pelo objeto rastreado, que é recebido pelas antenas instaladas em locais estratégicos da área de cobertura do sistema. Através do prévio conhecimento do posicionamento das torres e pela potência ou atraso de um sinal recebido é possível estimar as coordenadas.

A exatidão do sistema depende da densidade da infra-estrutura de antenas instaladas e do tipo tecnologia para determinação de coordenadas. A melhor opção é a triangulação de antenas para determinação de posicionamento.

Alguns sistemas de posicionamento por celular como o *Time of Arrival* (TOA) usam tecnologia similar, com a vantagem de reaproveitar uma infra-estrutura instalada.

2.5.3. Posicionamento por GPS

Também chamado de NAVSTAR – GPS (*NAVigation Satellite with Time And Ranging*) o GPS é um sistema de posicionamento de cobertura global baseado em satélites artificiais, que começou a ser desenvolvido em 1973 pela *U.S. Air Force* (SEEBER, 1993. p. 209).

Posteriormente o sistema foi disponibilizado à comunidade civil. Por medida de segurança a utilização civil possuía certa limitação da qualidade através de técnicas *Anti-Spoofing* (AS) e *Selective Availability* (SA), as quais limitavam a exatidão do posicionamento vertical e horizontal entre 100 a 140 metros. Porém, no dia 1 de maio

de 2000 foi desativada a técnica SA que limitava a acurácia, passando então para uma exatidão entre 10 e 20 metros.

O GPS proporciona grande exatidão e velocidade na determinação de coordenadas e, em razão disto, viabilizou a implementação de muitas aplicações, entre as quais estão os sistemas de localização de veículos.

Em sua concepção inicial o sistema é composto por 24 satélites, uma estação de controle principal em *Colorado Springs* e estações de monitoramento terrestres. Os 24 satélites são alocados em 6 planos orbitais inclinados 55° em relação ao equador, em uma altitude de 20.200 km. Esta configuração permite que, em qualquer tempo e lugar na superfície da Terra, a visibilidade de, pelo menos, 4 satélites do sistema (MONICO, 2000).

O princípio de seu funcionamento está no cálculo da interseção das distâncias calculadas pelo intervalo de tempo das transmissões até o receptor de pelo menos quatro satélites. Cada satélite transmite por radiofrequência seu posicionamento preciso em coordenadas cartesianas e hora do início da transmissão.

A partir do recebimento de uma seqüência de código *Pseudo Random Noise* (PRN⁴), é gerado no receptor o mesmo pacote de dados, com o objetivo de medir o atraso ($\Delta\phi$) relativo ao próximo código recebido. E com este tempo de propagação, mostrado na figura 13, é possível se estimar a distância do satélite até o receptor.

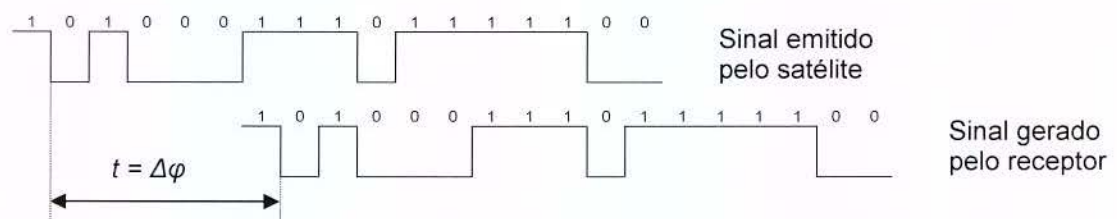


Figura 13. - Representação esquemática de um segmento do código PRN gerado no satélite e no receptor

Fonte: (SEGANTINE, 2005)

⁴ Código PRN (*Pseudo Random Noise*) - é a cadeia de bits que contém informações enviadas por um satélite.

Trilateração

Com as informações de um único satélite pode-se determinar que o receptor está em qualquer lugar sobre uma superfície esférica como exemplificado, na figura 14, de raio igual à distância entre o receptor e o satélite.



Figura 14. - Um satélite

As informações de dois satélites e suas respectivas distâncias determinam que o posicionamento do receptor está em qualquer ponto na borda do círculo formado entre a interseção das duas esferas como pode ser observado na figura 15.

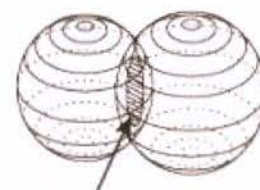


Figura 15. - Dois satélites

Com o posicionamento de três satélites e suas respectivas distâncias sobram apenas a interseção de dois pontos mostrados na figura 16. Desconsiderando o que está mais longe da superfície terrestre ou com a visibilidade de um quarto satélite pode-se eliminar esta última incógnita.

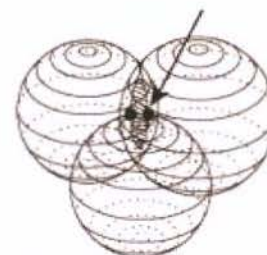


Figura 16. - Três satélites

O GPS não é o único sistema de posicionamento baseado em satélites artificiais em funcionamento, contudo é o mais utilizado e testado até o momento. Estes sistemas de posicionamento são denominados de GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*). Um destes sistemas que também está disponível ao público civil desde 1996 é o russo *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* (GLONASS) similar ao americano (SEGANTINE, 2005).

A alternativa européia ainda em desenvolvimento, o Galileo, surgiu da preocupação do monopólio do controle das forças armadas americanas no único sistema em perfeito estado de funcionamento. Este sistema tem, como previsão para entrar em pleno funcionamento, no ano de 2008 (SEGANTINE, 2005). Terá controle civil e compatibilidade com o GPS e o GLONASS (MONICO, 2000).

Comentários sobre a utilização do sistema GPS em sistemas AVL

Para Taylor (2003), o melhor e mais estável sistema de determinação de posicionamento para sistemas AVL é o GPS. Na tabela 2 é mostrado a comparação de exatidão entre diferentes sistemas em relação ao posicionamento.

Tabela 2. - Comparação de exatidão entre sistemas de posicionamento para AVL

SERVIÇO	EXATIDÃO
Cell location	50m
Cell ID	500m (<i>Urban</i>), 1km (<i>Suburban</i>), 25km (<i>Rural</i>)
GPS	10m (<i>typical</i>), 2-5m (WAAS/EGNOS)

Fonte: (TAYLOR, 2003).

Almeida Filho (2000) complementa afirmando que o posicionamento para fins de fiscalização de transportes por GPS é viável mesmo quando a qualidade do posicionamento é degradada em áreas urbanas com edificações em ambos os lados da via.

2.5.3.1. *Satellite-Based Augmentation Systems (SBAS)*

O posicionamento com GPS de navegação, para uso civil, pode ser aperfeiçoado dentro de uma região com o desenvolvimento e implementação de técnicas como *Differential Global Positioning System* (DGPS). Um método muito utilizado no mundo é o *Satellite-Based Augmentation Systems* (SBAS), que é um sistema usado para corrigir erros causados por perturbações ionosféricas, *timing*⁵ e erros na órbita dos satélites a partir de “mensagens de correção” transmitidas de satélites geo-estacionários de comunicação para os receptores GNSS compatíveis. Estão disponíveis para utilização: o *Wide Area Augmentation System* (WAAS) com cobertura nos Estados Unidos, o *Euro Geostationary Navigation Overlay Service*

⁵ *Timing* – refere-se a como os eventos são espaçados no tempo.

(EGNOS) para a Europa, o *Japanese Multi-Functional Satellite Augmentation System* (MSAS) na Ásia e o *GPS Aided Geo Augmented Navigation* (GAGAN), ainda em desenvolvimento, para futura utilização na Índia. No Brasil, ainda não existe uma opção similar (SHERMAN LO, *et al.* 2006).

O WAAS foi desenvolvido pela *Federal Aviation Administration* (FAA) americano e é constituído, por aproximadamente, 25 estações de referências terrestres posicionadas nos EUA, enfatizados na figura 17. Duas estações principais coletam os dados das estações de referência e criam dados de correções para cada uma das regiões, enviam para o satélite de comunicação que transmite para os receptores (GARMIN, 2006).

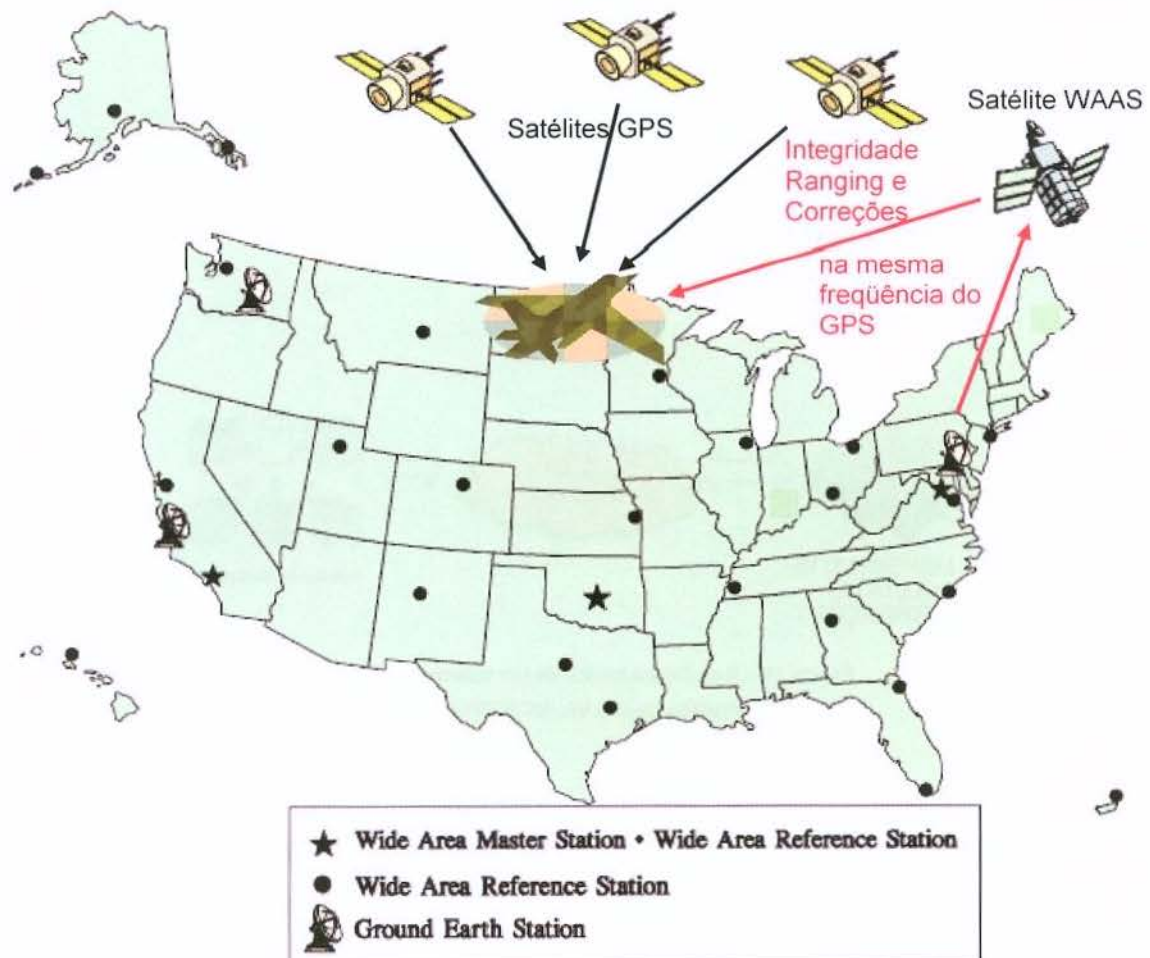


Figura 17. - Arquitetura WAAS
Fonte: Adaptado de (FAA, 2001)

2.6. Transmissão de Dados e Telemetria

Telecomunicação é todo processo que torna possível transferir voz, dados e vídeo, com o auxílio de alguma forma de sistema eletromagnético.

Telemetria é o processo que monitora remotamente informações de objetos (como a velocidade de um carro, a altitude de um avião, o valor de tensão de um medidor, etc.), e as transmite para uma estação de monitoramento em que são armazenadas, processadas e analisadas. A transmissão dos dados pode ocorrer por vários meios, tais como: radiofrequência ou cabo (SILVA; MOREIRA, 2005). No caso de sistemas AVL, o meio de transmissão deve ser sem fio devido às características do sistema.

Basicamente um sistema de telemetria é dividido em três subsistemas: coleta de informações, telecomunicações e o monitoramento. Na figura 18 é mostrado um exemplo de arquitetura básica de um sistema de Telemetria.



Figura 18. - Arquitetura básica de um sistema de telemetria
Adaptado de (SILVA; MOREIRA, 2005)

Para Taylor (2003), o mecanismo de transmissão de dados para sistemas AVL mais comum nos dias de hoje, é a rádio comunicação (VHF) e o sistema de telefonia celular.

2.6.1. Transmissão de dados por radiofrequência

A história da radiocomunicação começa em 1820, quando Hans Christian Ørsted relaciona fenômenos elétricos com magnéticos ao observar, por acaso, que a corrente elétrica produz uma perturbação na bússola (BRUCE, 2005). Em 1831, Michel Faraday descobre a indução eletromagnética ao perceber que magnetos desempenham ação mecânica sobre condutores percorridos por corrente elétrica (GUEDES, 1996). Em 1864, James Clerk Maxwell apresenta teorias e equações sobre campos magnéticos. Finalmente, Heinrich Hertz foi o primeiro a demonstrar, através de um experimento em 1887, as equações de Maxwell sobre ondas eletromagnéticas (BRUCE, 2005).

O rádio surgiu aproximadamente em 1896. Mais tarde a radiotelegrafia foi patenteada pelo italiano **Guglielmo Marconi**, e em 1906 o americano Reginald Fessenden transmitiu voz pela primeira vez (ZAREMBA, 2001).

Ondas Eletromagnéticas

A transmissão via rádio depende da propagação de ondas eletromagnéticas criadas pelo movimento de elétrons. Estas ondas seguem uma forma senoidal, como mostrado na Figura 19. As características da onda eletromagnética são: amplitude (a), frequência (f), fase (p) e o comprimento de onda (λ).

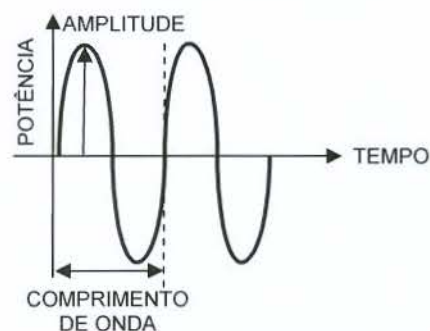


Figura 19. - Onda Eletromagnética

Amplitude - é a altura da curva senoidal da onda de rádio. O mesmo que medida da potência do sinal.

Frequência - é o número de oscilações por segundo de uma onda eletromagnética, indicando o número de vezes por segundo que a onda se repete. A unidade de medida de frequência é chamada Hertz (Hz) e foi criada em homenagem a Heinrich Hertz. A faixa de frequências possíveis é denominada de espectro de frequências. A transmissão via rádio é viável na faixa entre 30 kHz e 300 GHz.

Comprimento de onda - Distância percorrida pela onda durante um ciclo completo. Ondas de rádio com altas frequências têm comprimento de onda mais curto, assim, o comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência ($\lambda = 1/f$).

Ruído – é a contaminação indesejada de um sinal que sempre acontece em uma transmissão (LATHI, 1987).

Modulação

Modulação é o processo que, de alguma forma, adiciona qualquer tipo de informação nas ondas eletromagnéticas para, por exemplo, transmitir sons, imagens, dados, etc.. Existem muitos tipos de modulação de sinal, como a modulação em amplitude (AM), a modulação em frequência (FM), a modulação em fase (PM), etc. Cada qual tem suas vantagens e desvantagens (LATHI, 1987).

Comunicação digital

Na comunicação analógica existe um número infinito de formas de ondas enquanto que a modulação de dados digitais, o problema é reduzido para um conjunto finito de formas possíveis. Como exemplo de comunicação digital pode-se utilizar o código morse. Em uma transmissão de dados digital um sinal pertence ou não um conjunto de possibilidades e com isso pode-se eliminar possíveis ruídos (LATHI, 1987).

2.6.2. Transmissão de dados via Celular

A telefonia celular tem seu funcionamento baseado em rádio frequência. Através do desenvolvimento, padronização e planejamento de redes, a distância deixou de ser o principal problema, obtendo assim, seu sucesso (DORNAN, 2001⁶ apud ALVES; PAVAN; FERNANDES, 2003).

O princípio de funcionamento do sistema de telefonia celular baseia-se na infraestrutura montada que, de acordo com Ferrari (1991), é dividido em *Mobile Switching Center* - MSC, Estação Rádio Base - ERB e *Mobile Station* - MS dispostos conforme a figura 20: na área de cobertura de um sistema de telefonia celular as células (ERB) estão representadas por hexágonos. As áreas são interligadas pelas MSCs e os aparelhos de celular (MS) se conectam às ERBs.

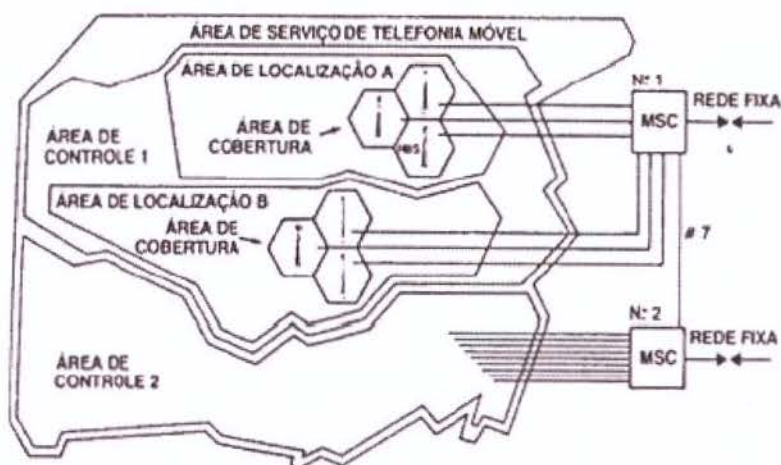


Figura 20. - Rede de telefonia celular.

Fonte: (FERRARI, 1991)

⁶ DORNAN, A. *Wireless Communication: O Guia Essencial de Comunicação sem fio*. Tradução Fábio Freitas. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 2001.

Por volta de 1947, foi iniciado nos Laboratórios Bell da empresa americana AT&T o desenvolvimento do conceito do celular. Mais tarde, em 1970 a empresa iniciou o estudo para criação do sistema telefônico celular de alta capacidade chamado *Advanced Mobile Phone Service* (AMPS). O primeiro sistema de telefonia celular comercial entrou em operação na cidade de Chicago, nos EUA, em 1983. Logo o serviço móvel celular no Brasil, iniciou as operações comerciais em 1990 com a mesma tecnologia americana AMPS (LÁRIOS, 2003).

Em meados de 1998, no Brasil, teve início a implantação da segunda geração (2G) de telefonia celular através da migração das tecnologias analógicas para digital. Entre estas tecnologias estão *Time Division Multiple Access* (TDMA), *Code Division Multiple Access* (CDMA) e *Global System for Mobile Communications* (GSM). Estas tecnologias viabilizaram a transmissão de dados com velocidades entre 9,6 até 14.4 kbps (LÁRIOS, 2003). Antes mesmo do surgimento da terceira geração (3G), algumas operadoras criaram tecnologias intermediárias denominadas de geração dois e meio (2,5G). Entre estas tecnologias, existe a solução de acesso à internet banda larga *General Packet Radio Service* (GPRS) com taxas de transmissão na ordem de até 40 kbps. A evolução do GPRS, a tecnologia *Enhanced Data rates for GSM Evolution* (EDGE) pode chegar até 200 kbps (TIM, 2005). Um grande diferencial, que surgiu com a geração 2,5G, tornou-se um grande marco em sistemas AVL. Está no formato de cobrança (*billing*) para transmissão de dados, onde as operadoras se adequaram a cobrança em volume de informações trafegadas, e não em tempo de conexão, viabilizando soluções em função do barateamento de aplicações “*on-line*” que enviam poucas informações. A terceira geração (3G) permite taxas de transmissão de até 2,4 Mbps. Fora do Brasil está se desenvolvendo a tecnologia 4G com velocidades muito superiores.

2.6.3. Transmissão de dados via Satélite

Os satélites de comunicação funcionam com repetidores, pois recebem os sinais enviados pelos terminais e transmitem os pulsos para estações terrestres, que retransmitem para a rede pública. São uma boa alternativa de comunicação em regiões isoladas e sem infra-estrutura instalada, como a região amazônica ou até mesmo no oceano. Rodrigues (2003a) afirma que a transmissão via satélite é uma solução de comunicação que pode ser instalada em qualquer situação, porém com o alto custo de sua utilização, torna-se necessário evitar seu uso quando possível. Dentre os sistemas oferecidos no Brasil estão o *Inmarsat*, o *Orbcomm* e o *Globalstar*.

Os satélites do sistema *Inmarsat* estão posicionados em uma órbita geoestacionária paralela ao plano do equador a uma altitude de 35.600 km (INMARSAT, 2006).

A empresa de telecomunicações “sem fio” *Orbcomm*, tem como objetivo principal oferecer comunicação a preços baixos com satélites denominados de baixa órbita (altitudes variando entre 710 até 820 km). Conforme mostrado na figura 21, a configuração do sistema é composta por uma constelação formada por 32 satélites, dispostos em 4 planos orbitais principais, denominados de A, B, C e D. Contendo, respectivamente, 8, 8, 6 e 6 unidades cada, separados uniformemente entre si. Três dos planos principais tem inclinação de 45° em referência à linha do equador e uma separação angular de 120° entre eles e um quarto plano equatorial, com inclinação de 0° . Dois satélites adicionais em cada um dos planos suplementares, denominados F e G, com inclinação de 70° e 108° , respectivamente, são utilizados para cobrir zonas de alta latitude. O sistema é monitorado pelo centro de controle da *Orbcomm®* (ORBCOMM, 2006).

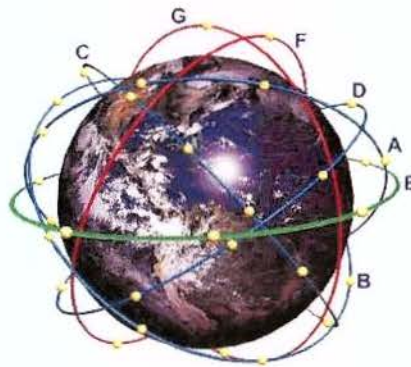


Figura 21. - Rede de satélites de baixa órbita OrbComm®

Fonte: <http://www.images.com.br/rastreador.html> Visitado em: 4 abr 2006.

A configuração do sistema *Globalstar* é formada por uma constelação de 48 satélites móveis de baixa órbita, monitoradas por três estações terrestres (Presidente Prudente, Petrolina e Manaus). Utiliza a tecnologia CDMA que permite ao usuário ser atendido por até três satélites, simultaneamente. Uma das vantagens do sistema de baixa órbita é a redução do *delay* (atraso típico em chamadas via satélite). Conforme mostra a figura 22, a área de cobertura atende todo território nacional e mais 500 milhas náuticas no oceano. É possível também fazer e receber chamadas quando o cliente estiver nas regiões em que a *Globalstar* do Brasil possui acordo de *roaming*⁷ mostrado na figura 23 (GLOBALSTAR, 2006).



Figura 22. - Cobertura Nacional da *GlobalStar*
Fonte: (GLOBALSTAR, 2006).

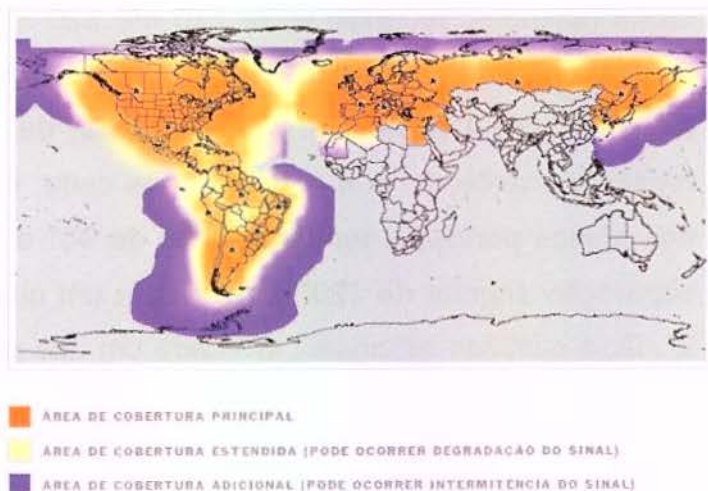


Figura 23. - Área de cobertura Mundial do sistema *GlobalStar*
Fonte: (GLOBALSTAR, 2006).

⁷ **Roaming:** é o nome dado à mudança de uma área de serviço para outra. Deslocamento - Corresponde ao valor devido pelo assinante à Operadora, por minuto, na chamada recebida, a cobrar ou não, fora dos limites da Área de Mobilidade, definida no Plano de Serviço ao qual o usuário está vinculado.

2.6.4. Sistemas de transmissão híbridos

Os sistemas de comunicação por satélite apresentam vantagens como a possibilidade de cobertura global independente de uma infra-estrutura terrestre para o seu funcionamento e ainda permite a operação sobre quaisquer condições ambientais mantendo o serviço disponível em 99% do tempo de utilização. Porém, em centros urbanos apresentam uma degradação da qualidade em função da presença de edifícios. Outra desvantagem dos sistemas de comunicação via satélite está no custo dos serviços se comparado ao sistema de telefonia celular comum. Os sistemas baseados na utilização de infra-estrutura terrestre apresentam bom funcionamento em centros urbanos com custo bem mais acessível, contudo em áreas remotas não funcionam muito bem e, em algumas situações, os custos tornam-se pouco competitivos em função da cobrança de tarifa interurbana e *roaming*. A solução ideal para este impasse é a combinação dos dois sistemas, porém existe um alto custo de *hardware* (BAHMDOUNI, 2004).

2.7. Monitoramento

Acompanhamento realizado através de observações de parâmetros que no caso de sistemas AVL são informações como posição, velocidade, *status* do veículo (porta fechada, veículo ligado, temperatura do compartimento de carga, etc.). Em muitos casos pode-se até atuar no veículo, em que, por exemplo: pode-se liberar a abertura da porta de carga quando o mesmo chegar ao destino.

O Monitoramento depende de uma infra-estrutura que contempla equipamentos (computadores, rádios, telões), *softwares* (programas específicos, Sistemas de Informações Geográficas, bancos de dados) e técnicos que operam e monitoram os veículos. Na figura 24 é mostrada a central de monitoramento da empresa Lo-Jack.



Figura 24. - Central de monitoramento da empresa Lo-Jack

Fonte: <http://quatorrodas.abril.com.br/reportagens/conteudo_142521.shtml> Visitado em 20/12/2006.

A implantação desta infra-estrutura pode ser complexa e cara, contudo existem empresas que surgiram para prover o serviço de monitoramento via internet, fornecendo soluções a um custo mais acessível (RODRIGUES, 2003a).

2.7.1. Bases Cartográficas

O mapeamento é uma componente importante para o funcionamento de sistemas AVL. No caso do Brasil pode ser um grande problema devido à baixa qualidade e desatualização das bases cartográficas disponíveis. Um exemplo disto está na afirmação de Tostes (2005) de que bases cartográficas digitais, utilizadas atualmente na maioria dos municípios brasileiros, são oriundas de trabalhos realizados nos anos 70, época em que não existia tecnologia para que fossem feitas restituições digitais de imagens aéreas e que a base cartográfica representava apenas áreas de

maior adensamento populacional em uma cidade. Esta deficiência pode afetar a qualidade do funcionamento de sistemas AVL.

No período militar houve grande produção cartográfica, contudo, após este período, pouco foi feito no sentido de intensificar o mapeamento do país. Na tabela 3, pode-se observar a pequena diferença entre o acervo cartográfico nacional dos anos de 1983 e 2002.

Tabela 3. - Situação Cartográfica Nacional

ESCALA	Situação em 1983 (%)	Situação em 2002 (%)	Diferença (%)
1 : 250.000	53,60	80,72	27,12
1 : 100.000	52,80	75,39	22,59
1 : 50.000	13,30	13,90	0,60
1 : 25.000	0,70	1,00	0,30

Fonte: adaptado de (COSTA, 2001).

No final do século XX e neste início de século, a atenção dos usuários da cartografia voltou-se para o mapeamento digital sem que, no entanto, novas cartas fossem elaboradas, devido ao desinteresse político e ao elevado custo inicial para sua elaboração.

A carência de mapeamento no Brasil, principalmente em escalas grandes, é agravada pelo fato de que a maior parte das cartas e mapas nacionais encontra-se desatualizada.

O produto digital encontrado atualmente nas prefeituras provém de digitalização realizada nas décadas de 80 e 90 de cartas e mapas analógicos antigos, onde este trabalho foi elaborado sem a necessária preocupação com a precisão e exatidão cartográfica. Criando, com isso, a necessidade de elaboração de novas bases, não sendo indicada a atualização (TOSTES, 2005).

A simples migração do mapeamento analógico para o digital não modifica a situação em relação à desatualização. No entanto, acredita-se que atualizações

periódicas sobre bases confiáveis devem ser feitas, visto que o custo com a elaboração de um novo mapeamento excederia o valor da economia feita com a inexistência de manutenção (COSTA, 2001).

Devido à escassez na elaboração de novos mapeamentos, bem como a falta de manutenção das cartas antigas, fica clara a existência de desatualização da base cartográfica em regiões onde o crescimento populacional é intenso. Esta deficiência no mapeamento, muitas vezes, gera a necessidade de elaboração de novas cartas nas regiões onde serão implantados sistemas AVL.

2.7.2. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Sistemas de rastreamento de veículos basicamente enviam suas coordenadas para uma central de monitoramento. Como existe uma necessidade de se organizar os dados espacializados, para auxiliar e acelerar o processo de tomada de decisão, é necessário a implantação de recursos para tal. A “ferramenta” que mais se encaixa nesta linha são os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que segundo Alves (1990), podem ser definidos como sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente, através da manipulação dos mesmos, permitindo recuperar e combinar informações de forma a realizar os mais diversos tipos de análise.

Machado (2004) complementa afirmando que os SIGs vêm se aprimorando nestas três últimas décadas trazendo resultados valiosos em diversos segmentos, podendo ser aplicados em estudos, em planejamentos, em projetos e na administração governamental ou empresarial.

O SIG surgiu da convergência de campos tecnológicos que une a ciência da computação, gerenciamento de informações, cartografia, geodésia, fotogrametria, topografia, processamento digital de imagens e geografia (SILVA, 1999).

Monico (2000) divide o SIG em uma coleção de subsistemas integrados, em que os dados espaciais passam por uma seqüência de processos incluindo coleta, armazenamento e manipulação. Para o autor, a aplicação de SIG pode servir como apoio à tomada de decisões ou simplesmente à análise de dados geográficos.

SIG agrega elementos de tecnologia (*hardware* e *software*), banco de dados (imagens, mapas, dados estatísticos) e pessoal (usuários, manutenção, suporte técnico) que interagem para a manipulação de dados através de procedimentos computacionais (DANTAS *et al.* 1996).

Uma questão importante pode ser vista no trabalho de Teixeira *et al.* (1995) na qual foram analisadas diversas definições de SIG encontradas na literatura e posteriormente separado em duas abordagens: SIG visto como *software* e como um sistema abrangente que integra diversos elementos.

2.7.3. Recursos Agregados

Os sistemas AVL podem permitir além da localização, leituras de sensores instalados no veículo através das portas de entrada (*Input*) de informações como temperatura, estado do motor (ligado ou desligado), estado das portas, etc..

Em determinadas situações, a central de monitoramento controla de forma automática, programada ou por um técnico (operador), enviando uma requisição para unidade móvel através das portas de saída (*Output*). A partir desta requisição o módulo do rastreador comanda equipamentos chamados atuadores para, por exemplo, travar uma porta, desligar o veículo, abrir o compartimento de carga, etc.. A tabela 4 mostra alguns recursos que podem ser agregados nos sistemas AVL.

Tabela 4. - Recursos agregados ao sistema de Localização

Serviço	Recursos agregados ao sistema de localização
Emergência	Botão de Pânico Bloqueio Remoto Alarme (Sirene) Equipe de Resgate Comando para trava do compartimento de carga Notificação de abertura de AirBag
Comunicação	Display com teclado para comunicação Comunicação por voz
Monitoramento	Sensor de porta Sensor de engate Sensor de tanque de abastecimento Sensor de quinta roda Sensor e controle de velocidade Camera de video Diagnóstico do motor Termômetro
Outros	Sistema de Navegação

Fonte: compilado de http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialm2mll/pagina_3.asp, Visitado em março/2007

Aproveitando o sistema embarcado pode-se, também, acrescentar teclado e visor para funcionar como um meio de comunicação, bem como, funcionar como um computador conectado a central. Na figura 25 é mostrado o *display* e teclado do equipamento *EutelTracs* da empresa *Qualcomm*.



Figura 25. - *Display* e teclado para sistema AVL da empresa *Qualcomm*

Fonte: <http://www.qualcomm.nl/english/products-euteltracs-hw.shtml> Visitado em março/2007

3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA AVL

Neste capítulo será descrito o desenvolvimento detalhado de um Sistema AVL começando pelos objetivos, escolha das tecnologias e componentes do sistema para posterior análise, descrição do projeto e implementação.

3.1. Objetivo do desenvolvimento

O objeto deste desenvolvimento é a criação de um sistema de monitoramento de frotas. Diferente de outras abordagens, este sistema procura atender às necessidades do poder público, das concessionárias de serviços e do setor privado que precisam de mais precisão no que se refere a representação dos trajetos rastreados.

A proposta de desenvolvimento de um sistema de rastreamento apresentada neste trabalho, não irá enfatizar a segurança (roubos e furtos), pois já existem diversas empresas interessadas neste segmento. O desenvolvimento será direcionado para controle de frotas de *utilities* (Prefeituras, Departamentos de Água, Distribuidoras de energia, etc.) agregando recursos que sejam úteis as mesmas.

Soluções baseadas na segurança se atentam ao posicionamento do veículo para recuperação, em caso de furtos ou roubos. A solução apresentada neste trabalho poderá servir para as aplicações que necessitem do registro dos trajetos efetuados pelos veículos.

O resultado esperado neste capítulo, **não é de se apresentar um projeto detalhado de sistema AVL** e sim de mostrar os passos necessários para um **melhor entendimento sobre o desenvolvimento** do mesmo, para permitir a implementação

de novas abordagens com o objetivo de representar melhor os trajetos rastreados em áreas urbanas, evitando aumento de gastos com comunicação e armazenamento de dados.

3.2. Definições para o sistema proposto

As abordagens para um projeto de sistemas AVL podem ter muitas combinações, porém para este trabalho, o objetivo foi o desenvolvimento que:

- mostre uma nova abordagem na transmissão das posições com objetivo de representar de uma forma mais exata o trajeto feito pelo objeto rastreado;
- tenha baixo custo⁸ de instalação da unidade móvel e operacional (mensal);
- possua boa qualidade no posicionamento das coordenadas;
- permita expansão modular do sistema com objetivo de agregar mais recursos aproveitando o sistema de transmissão.

3.3. Versões desenvolvidas

Até a conclusão do desenvolvimento de um sistema AVL, foram elaboradas três versões preliminares consideradas não satisfatórias em relação ao esperado neste trabalho. Contudo para efeito de documentação, serão explanadas nos itens a seguir.

⁸ Baixo custo: custo compatível ou menor que os oferecidos no mercado, mesmo representando o trajeto de uma forma mais elaborada. (de acordo com breve pesquisa de produtos similares GPS/GPRS aproximadamente R\$ 160,00 de custo operacional e R\$ 1800,00 de custo de instalação).

3.3.1. Versão 1, Laptop/Rádio

A primeira versão desenvolvida teve como objetivo principal, a iniciação no aprendizado de desenvolvimento de sistemas AVL com soluções simples e de fácil implementação. Inicialmente o sistema foi concebido, com transferência de dados feitas com transceptores de rádio VHF/UHF e posicionamento com tecnologia GPS. O motivo destas escolhas estava na disponibilidade dos equipamentos.

3.3.1.1. Descrição do sistema

- SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO: **GPS**
- SISTEMA DE COMUNICAÇÃO: **rádio**
- UNIDADE CONTROLADORA: **notebook**
- RECURSOS ADICIONAIS: **não possui**
- TECNOLOGIA DE MONITORAMENTO: **indefinido**

O sistema concebido funciona a partir de um *notebook* com um programa embarcado para aquisição do posicionamento atual do receptor GPS, e um transceptor de rádio para enviar esta coordenada para outro, também ligado a um computador preparado para receber a informação desejada. Um esquema detalhado do sistema pode ser observado na figura 26.

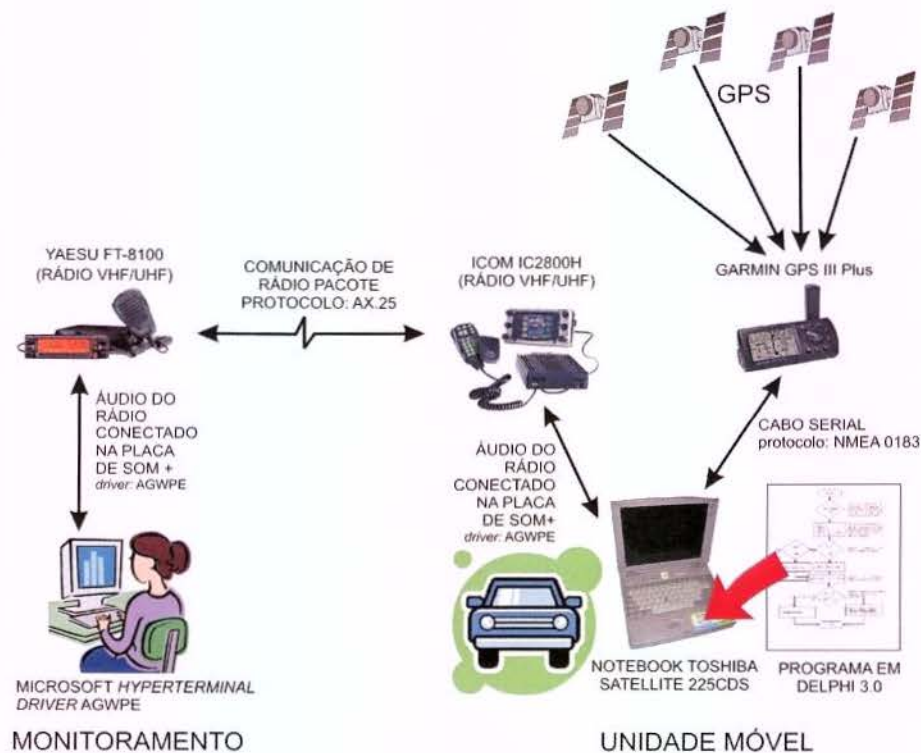


Figura 26. - Sistema Laptop/Rádio

3.3.1.2. Hardware / Software

A unidade móvel desta versão é composta de:

(hardware)

- Um GPS de navegação modelo: Garmin GPS III Plus;
- Um *notebook* Toshiba Satellite 225CDS;
- Um transceptor de rádio VHF/UHF ICOM IC2800H instalado no veículo (frequência de rádio amador) com 50W de potência;
- Antena VHF/UHF;
- Cabo de comunicação serial (GPS – *Notebook*);
- Cabos especiais para a comunicação entre transceptor e o *notebook*.

(software)

- *Driver AGWPE;*
- *Microsoft HyperTerminal.*
- Sistema para desenvolvimento de aplicativos Delphi 3 + biblioteca para comunicação de dados (Linguagem de Programação: Pascal)

A central de monitoramento é composta de:

(hardware)

- Um computador;
- Um transceptor de rádio VHF/UHF YAESU FT-8100 com 50 W;
- Antena VHF/UHF marca Allan Voyager modelo UV 300;
- Cabos especiais para a comunicação entre transceptor e o computador.

(software)

- *Driver AGWPE;*
- *Microsoft HyperTerminal.*

3.3.1.3. Desenvolvimento da Unidade Móvel

A comunicação de dados entre transceptores de rádio nas faixas VHF e UHF de rádio amador, depende de um dispositivo chamado *Terminal Node Controller* – TNC. Este equipamento funciona como um *modem* sobre o protocolo AX.25 utilizado para ligação ponto a ponto entre estações de pacote de rádio. Este protocolo é derivado do X.25 que é um padrão de comunicação de redes de computador via telefone (BEECH; NIELSEN e TAYLOR, 1998).

Para o desenvolvimento desta versão é necessário um TNC para a unidade móvel, e outro para o computador do monitoramento. Contudo, neste projeto, estes dispositivos foram substituídos por uma alternativa mais barata, devido ao seu custo elevado (aproximadamente US\$ 500,00 cada).

Esta substituição foi resolvida com a combinação entre a placa de som existente no computador e um *software* para “emulador de TNC”. Visto que, neste sistema, a recepção (RX) dos dados é feita através da entrada do microfone e a transmissão (TX) é feita pela saída da placa de som ligada diretamente no rádio. O funcionamento deste sistema depende da confecção de cabos especiais mostrado nas figuras 27, 28 e 29 com circuitos de atenuação do sinal na entrada do microfone e para a proteção e aterramento do sistema para evitar surtos. Para transmissão via rádio é necessário chavear o controle do botão do rádio PTT (*Push to Talk*) que neste caso foi feito através de um dos pinos da porta serial ou paralela do computador. Para o funcionamento deste sistema foi utilizado um *driver*⁹ chamado AGWPE, desenvolvido e disponibilizado na internet por Rossopoulos (2006).

Na figura 27 é mostrado o esquema de conexão do rádio até a entrada de áudio da placa de som do computador. A figura 28 mostra o esquema de conexão da recepção na entrada do microfone do rádio com a saída de áudio da placa de som e a figura 29 apresenta a solução necessária para chavear o PTT (*Push to Talk*), em que para isso, é enviado um valor na porta serial para ativar 5 volts em um dos pinos para fechar o circuito.

⁹ **DRIVER**: programa e dados de computador para definir e controlar um periférico.

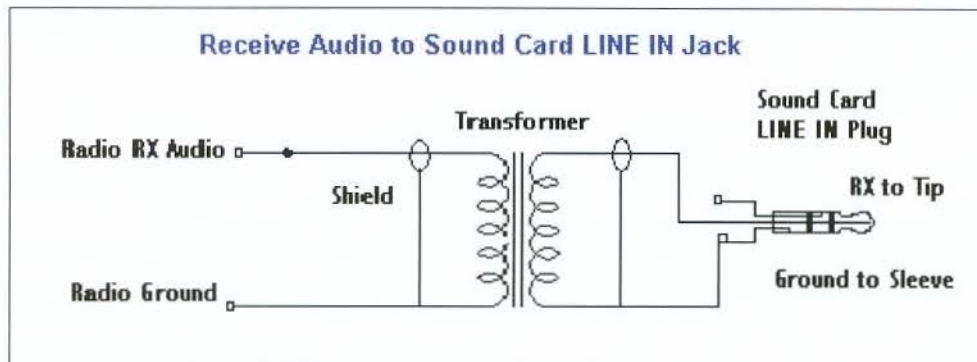


Figura 27. - Esquema de conexão da transmissão do rádio na entrada de áudio.

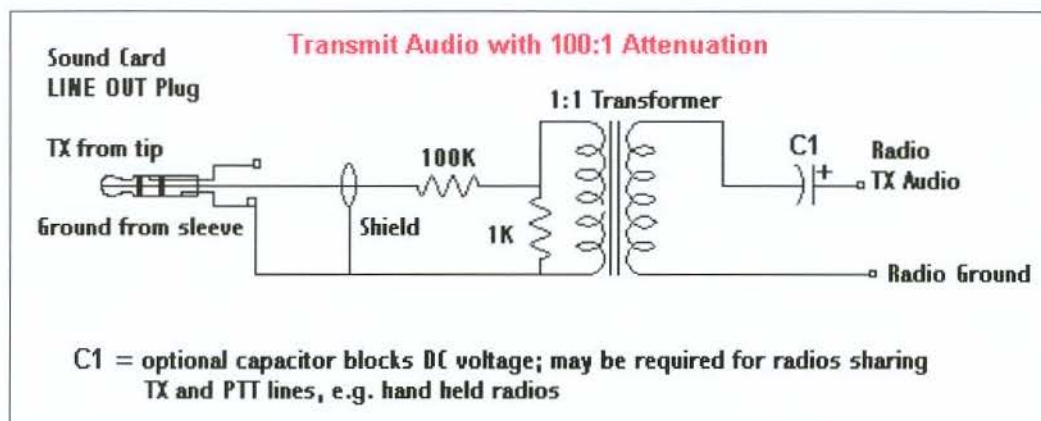


Figura 28. - Esquema de conexão da recepção do rádio coma placa de som.

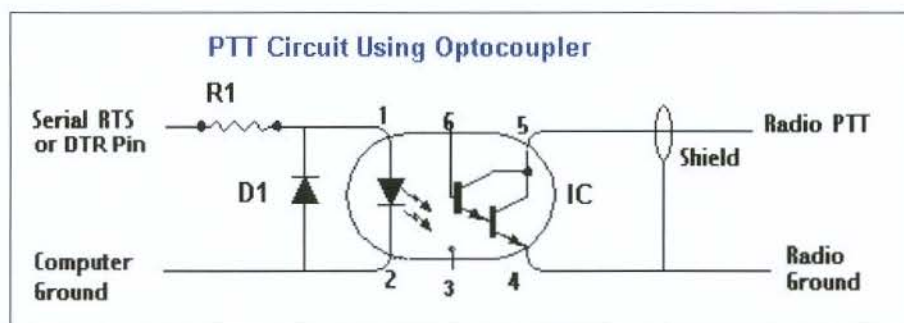


Figura 29. - Esquema necessário para chavear o PTT (*Push to Talk*)

Após a configuração dos rádios, instalação dos cabos, do *driver* AGWPE e aquisição da licença da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) para utilização de transmissão de Rádio frequência (RF) no Brasil (ANEXO I), foi possível a

elaboração dos primeiros testes de transmissão de dados através do programa Microsoft *HyperTerminal*.

Para o funcionamento da unidade móvel foi necessária a codificação e implementação de um programa, para ser instalado no *notebook*, com o objetivo de funcionar como uma unidade controladora. Este programa recebe informações do receptor GPS, processa os dados e os envia via rádio através do *driver* AGWPE, quando necessário. Contudo, antes da codificação do programa, foi necessária aprofundamento no conhecimento dos protocolos de comunicação AX.25 de rádio amador e NMEA 0183 de GPS.

De acordo com Betke (2000), o Padrão NMEA 0183 define a interface elétrica e o protocolo de dados entre instrumentações da Marinha Norte Americana, sendo possível obter do receptor de GPS informações como posição, hora, *Dilution of Precision* (DOP), velocidade, etc..

Apesar de iniciado e quase terminado, o desenvolvimento do programa da unidade móvel foi abortado devido à dificuldade de fixação do notebook no veículo, além de riscos, como por exemplo: furto.

3.3.1.4. Monitoramento

Nesta versão, nenhum sistema de monitoramento foi implementado, apenas foram efetuados testes de comunicação de dados com o Microsoft *HyperTerminal*.

3.3.1.5. Relevância de versão 1

Devido a grande complexidade, custo elevado e inviabilidade de instalação de equipamentos como *notebook* dentro do veículo, o desenvolvimento desta versão não foi completo, apenas serviu para efeito de testes e conhecimento das tecnologias envolvidas, para futura utilização neste trabalho.

3.3.2. Versão 2, TinyTrak/Rádio

A segunda abordagem no desenvolvimento de um sistema AVL manteve a utilização do rádio para comunicação dos dados, porém, com o intuito de simplificar e baratear a unidade móvel foi tentada a troca da unidade de processamento por algo menor, mais barato e mais simples que o *notebook* utilizado na versão anterior.

3.3.2.1. Descrição do sistema

- SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO: **GPS;**
- SISTEMA DE COMUNICAÇÃO: **Rádio;**
- UNIDADE CONTROLADORA: **Placa com Microcontrolador PIC;**
- RECURSOS ADICIONAIS: **Não Possui;**
- TECNOLOGIA DE MONITORAMENTO: **WinAPRS (local).**

O sistema idealizado procura manter as características definidas na primeira versão, pois além de solucionar o problema de *hardware* com simplificação da unidade

controladora, apresenta também a primeira tentativa de monitoramento através do um *software* comercial. Uma idéia do sistema pode ser observado na figura 30.

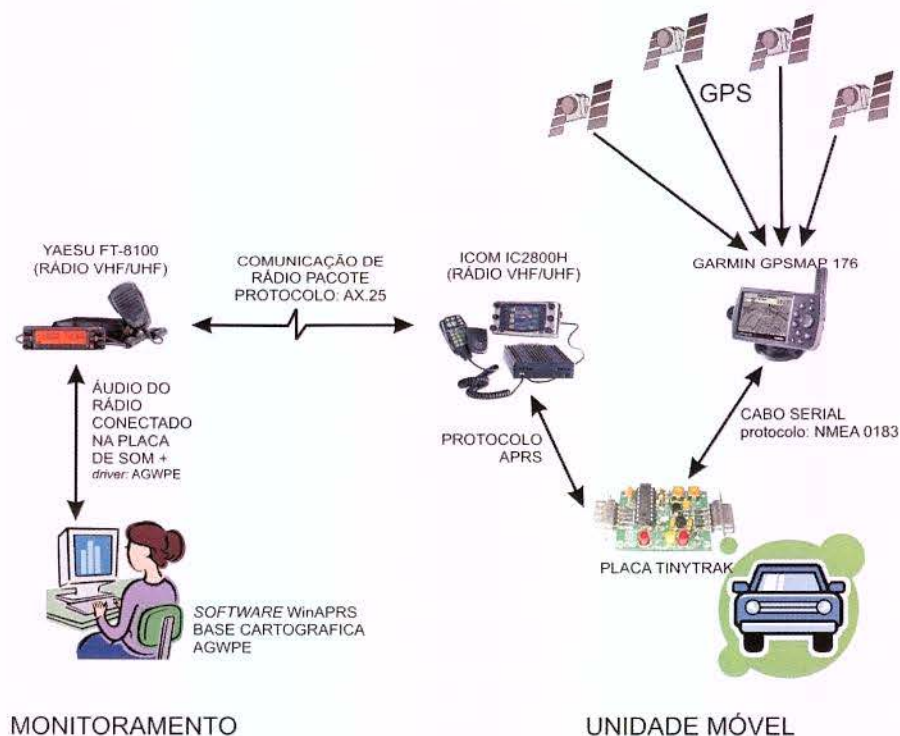


Figura 30. - Sistema TinyTrak/Rádio

3.3.2.2. Hardware / Software

A unidade móvel desta versão é composta de:

(hardware)

- Um GPS de navegação modelo: Garmin GPSMAP 176;
- Placa controladora com microcontrolador PIC 16F84 10P (TinyTrak);
- Um transceptor de rádio VHF/UHF ICOM IC2800H instalado no veículo (frequência de rádio amador) com 50W de potência;
- Antena VHF/UHF;
- Cabo de comunicação serial (GPS <--> TinyTrak);
- Cabos de ligação entre transceptor e o TinyTrak.

(software)

- *Firmware* do TinyTrak (Programa instalado no microcontrolador).

A central de monitoramento é composta de:

(hardware)

- Um computador;
- Um transceptor de rádio VHF/UHF YAESU FT-8100 com 50 W;
- Antena VHF/UHF marca Allan Voyager modelo UV 300;
- Cabos especiais para a comunicação entre transceptor e o computador.

(software)

- *Driver* AGWPE;
- WinAPRS V2.5.1;
- Software de configuração do TinyTrak via porta serial;
- AutoDesk AutoCAD¹⁰ (Preparação e edição da Carta);
- GPS *TrackMaker* PRO¹¹ (Preparação e edição da Carta).

3.3.2.3. Desenvolvimento da Unidade Móvel

O objetivo inicial desta versão foi o desenvolvimento de uma placa microcontrolada, bem simples, que apenas recebe seqüências de caracteres via protocolo NMEA, processa os dados da posição do receptor GPS para posteriormente enviar a coordenada em uma frequência pré-determinada através do transceptor de rádio. Quando iniciada a procura de microcontroladores, foram encontradas muitas

¹⁰ AutoCAD – *Computer Aided Designed* (CAD**) da AutoDesk.

¹¹ GPS *TrackMaker* PRO – Programa para edição de rotas, *tracklogs* e *waypoints* de GPS de navegação

alternativas de componentes, bem como uma solução pronta denominada *Tinytrak* feita por um radioamador norte americano, muito parecida com a desejada nesta versão. As explanações, definições, esquemas eletrônicos e programa para ser implantado no microcontrolador podem ser visitados no site <<http://www.byonics.com>> (GARRABRANT, 2002). O esquema eletrônico da placa é mostrado na figura 31, a lista de componentes está no anexo II e a placa montada é mostrada na figura 32.

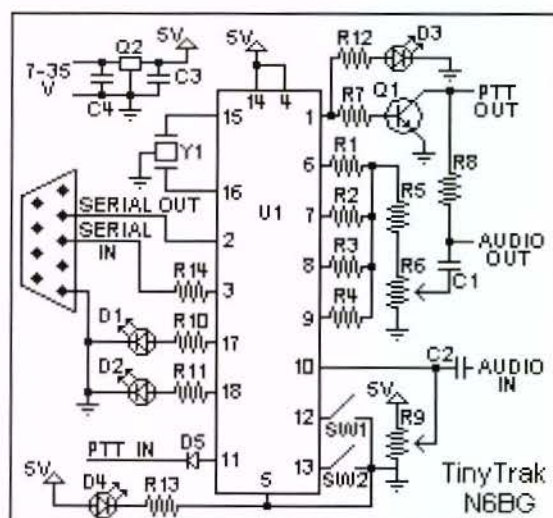


Figura 31. - Esquema eletrônico TinyTrak
Fonte: (GARRABRANT, 2002)

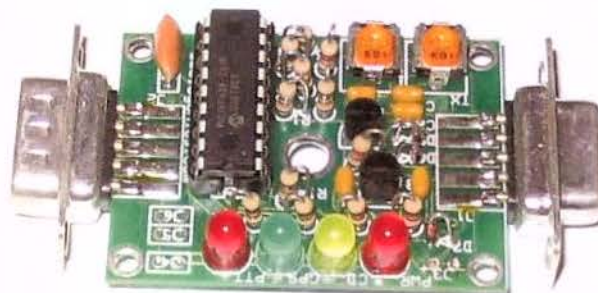


Figura 32. - TinyTrak Montado

O funcionamento da placa é baseado no protocolo *Automatic Position Reporting System* (APRS) que foi criado para a padronização do monitoramento de informações em tempo real de pacotes de rádio amador. Este padrão envolve rastreamento com receptores GPS e informações meteorológicas (WADE, 2000).

Com um conhecimento básico de eletrônica foi possível a montagem da placa com os componentes. Contudo, como não havia o gravador para o microcontrolador PIC 16F84 10P, o circuito integrado foi adquirido e gravado através dos contatos disponibilizados no site <<http://www.byonics.com>>.

Terminado a montagem do módulo “Tinytrak” que ficou bem compacto, foi feita a instalação no veículo junto com o transceptor de rádio e o receptor GPS de navegação, marca Garmin, modelo GPSMAP 176.

3.3.2.4. Configuração da Central de Monitoramento

Para a plotagem e recebimento dos dados da estação de monitoramento foi utilizado o programa chamado WinAPRS V2.5.1., o qual permite a visualização de mapas em formatos específicos. Um fator importante na escolha deste software está na compatibilidade com o *driver* AGWPE (ROSSOPOULOS, 2006) adotado neste projeto. O *download* desta versão foi feito em dezembro de 2000 no *site* <<http://aprs.rutgers.edu>>, mas após checagem em novembro de 2006 a URL mudou para <<http://winaprs.org>>, onde a versão disponível atualmente é a 2.8.5.

a) Base Cartográfica

Para o funcionamento do programa foi necessária a sua configuração com a base cartográfica da região de testes, obtida através da prefeitura da cidade de Americana, no sistema UTM, datum Córrego Alegre-MG, elipsóide Hayford Internacional ($a = 6.378.388$ m, $f = 1/297$), Fuso 23 no formato compatível com *software* AutoCad Map da AutoDesk. Para implantação da carta de Americana no WinAPRS foi necessário transformação do sistema de coordenadas UTM em Córrego Alegre para as coordenadas geodésicas WGS 84 (Latitude e Longitude) visando compatibilizar com o sistema de coordenadas enviadas pelo Tinytrak. Esta transformação foi efetuada com auxílio de programa de computador “Project Geo” (Amarante 2002) que contempla a transformada de Molodensky, com os parâmetros de transformação de Datum: $\Delta x = -206$, $\Delta y = 172$ e $\Delta z = -6$.

b) Funcionamento

WinAPRS - [americana.gif]

File Edit Settings Logging Maps Display Lists Windows Help

222RAM 1899

222RAM 1896

222RAM 1912

222RAM 1955

222RAM 1976

222RAM 1856

222RAM 1850

222RAM 1860

222RAM 1935

222RAM 1968

222RAM 1997

222RAM 1981

222RAM 1994

222RAM 1994

222RAM-APT310: 12245.60S/04720.39W:000/000/A:000000/TinyTrak3

Lat 22 45' 38"S Lon 47 20' 26"W Lat 22 45' 35"S Lon 47 21' 03"W GC7HF

WinAPRS - [americana1.gif] WinAPRS - [americana...

17:1

52

3.3.2.5. Teste com transmissão de dados via rádio

A partir deste desenvolvimento foi elaborada uma seqüência de testes com o objetivo de avaliar a área de cobertura e o funcionamento da comunicação entre a unidade móvel e a central de controle em diferentes pontos da cidade. Na figura 34, pode-se observar uma síntese dos resultados apurados, através de uma amostragem de pontos, na qual em verde são apresentados medições de boa qualidade, em amarelo razoável e vermelho deficiente.

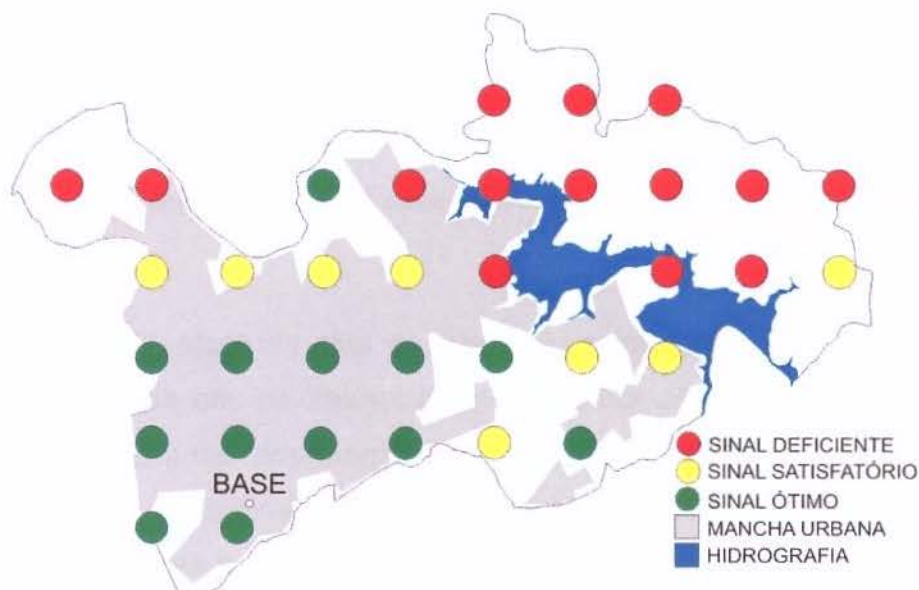


Figura 34. - Mapa de Americana com amostragem de testes de propagação de RF

Para que esta versão (TinyTrak/Rádio) de AVL funcione dentro da área de cobertura estimada, é necessário que haja comunicação da base até qualquer ponto dentro desta área. Este teste não procura ser uma referência em estudos de propagação de radiofrequência, apenas verifica a viabilidade de uso deste sistema dentro da cidade de Americana. Para isso foi elaborado um estudo conforme a metodologia mostrada a seguir.

A partir das feições extraídas de cartas do IGC sistema UTM, fuso 23, datum Córrego Alegre MG, elipsóide *Hayford*, com a área do município de Americana, foram inseridos e numerados pontos coincidindo com a intersecção das linhas de uma malha de 2 em 2 km, além do ponto da estação rádio base conforme figura 35.



Figura 35. - Cidade de Americana com pontos marcados para amostragem

Em cada um dos 38 pontos marcados foi feito um teste de transmissão entre o veículo rastreado e a estação rádio base posicionada no alto do prédio de 6 andares situado na Rua das Castanheiras, 628, Edifício Dinamarca, em uma região com altitude privilegiada em relação a outros pontos da cidade de Americana. Esta transmissão de dados foi feita em VHF, em 3 diferentes níveis de potência, a saber: 5 W, 20 W e 50 W. Estes valores foram determinados dentro das possibilidades do transceptor de rádio instalado no veículo, verificadas no manual do equipamento (ICOM, 1999). Basicamente, foi realizada a medição do sinal recebido da unidade móvel na estação rádio base. Esta medição foi feita através da recepção no transceptor de rádio Yaesu modelo FT-8100 instalado na base e a qualidade do sinal recebido foi observada no visor em uma escala de 0 a 11 dBm. Os dados coletados estão disponíveis no anexo III.

Como auxílio, para a localização dos pontos, foi utilizado um receptor GPS de navegação Garmin modelo GPSMAP 60C com o posicionamento dos locais de testes previamente cadastrados.

Testou-se, também, a disponibilidade do uso do celular nos mesmos pontos, através da simples medição do sinal feito pelo indicador de qualidade da recepção do aparelho. O método de trabalho e os resultados desta pesquisa serão descritos no item 3.3.3.5.

De acordo com Pereira e Almeida (2003), na análise de radiofrequência (RF) devem ser considerados: a propagação das ondas eletromagnéticas, as condições do relevo, as condições meteorológicas e ionosféricas.

A partir dos valores coletados foi feito uma parametrização para classificar a qualidade do sinal recebido como um valor relativo de 0% a 100%.

Os resultados da medição podem ser verificados na Quadro 1.

Quadro 1 - Resultados da medição de potencia de sinal recebido via rádio

PONTO	5W	20W	50W	PONTO	5W	20W	50W
1	X	X	X	20	0%	0%	0%
2	0%	8%	23%	21	0%	0%	9%
3	0%	0%	0%	22	8%	23%	38%
4	0%	0%	0%	23	45%	55%	73%
5	0%	0%	18%	24	55%	82%	91%
6	0%	9%	18%	25	100%	100%	100%
7	73%	91%	100%	26	100%	100%	100%
8	0%	9%	18%	27	73%	73%	82%
9	0%	0%	8%	28	18%	45%	55%
10	0%	0%	0%	29	0%	18%	36%
11	0%	0%	0%	30	82%	100%	100%
12	0%	0%	0%	31	100%	100%	100%
13	0%	9%	18%	32	100%	100%	100%
14	27%	45%	55%	33	100%	100%	100%
15	18%	36%	45%	34	18%	27%	36%
16	27%	45%	64%	35	55%	73%	82%
17	36%	55%	64%	36	X	X	X
18	0%	0%	27%	37	82%	100%	100%
19	X	X	X	38	64%	82%	100%

Apesar de alguns pontos terem sido medidos fora da posição pré-determinada, foram considerados apenas aqueles em que a distância máxima não ultrapassou 350

m. Nos pontos 1, 19 e 36 não foi possível a medição dos dados devido à falta de acesso.

A partir da espacialização dos resultados foi possível a criação de um mapa temático com o objetivo de se visualizar alguns dos fatores que interferem na propagação de RF. Com o mapa temático mostrado na figura 36 podem-se observar os pontos analisados em três cores; Verde (ótimo $\geq 73\%$), Amarelo (razoável $\geq 36\%$) e Vermelho (crítico $< 36\%$). Estes valores foram adotados para efeito de visualização. O valor crítico de 36%, referente a 4 dBm, foi determinado em função da grande quantidade de pacotes de dados perdidos em recepções de dados abaixo do mesmo.

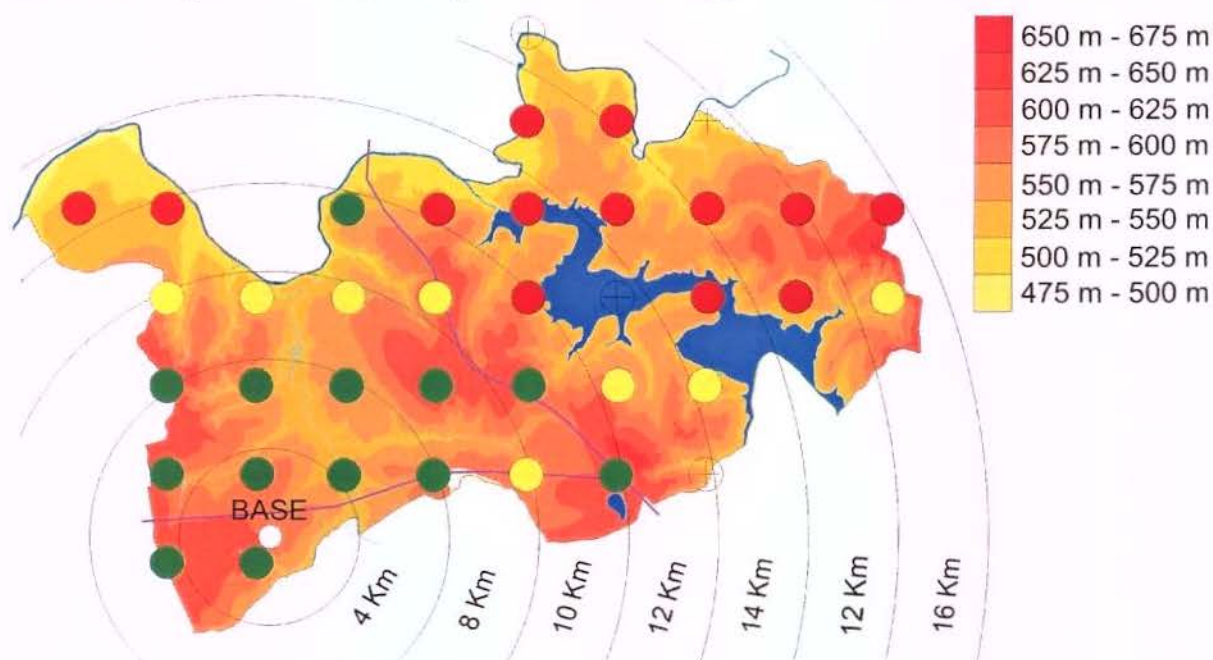


Figura 36. - Distância, relevo e a viabilidade do uso do sinal em 50W.

a) Considerações finais sobre os testes

- Fica claro pela figura 36 que a distância e a topografia influenciaram na comunicação entre a base e o veículo rastreado;
- No caso apresentado, para um funcionamento razoável do sistema rastreador AVL, os transceptores de rádio deveriam operar com potência de 50 W ou maior.

3.3.2.6. Relevância da versão 2

Este sistema de rastreamento funcionou plenamente e com ele foi possível chegar às seguintes conclusões:

Vantagens:

- Opção atraente para frotas que já possuem rádio;
- Baixo custo operacional (sem pagamento de mensalidade para operadoras);
- Simplicidade da instalação.

Desvantagens:

- Para atingir o alcance razoável foi necessário configurar rádios com 50 Watts de potência que tem um consumo muito grande de energia, podendo limitar o uso do sistema com o veículo desligado, devido à possibilidade do esgotamento da bateria do mesmo;
- A transmissão da posição gera um ruído no áudio do rádio dos demais carros que estão configurados na mesma frequência. A solução para este problema pode ser efetuada com a instalação de um segundo rádio dedicado somente para o sistema, encarecendo o mesmo;
- Somente um carro pode transmitir a posição de cada vez, o que leva aproximadamente 1 segundo. Isso pode limitar a quantidade de veículos rastreados dependendo da taxa de atualização de posição;
- Necessidade da aquisição de autorização da ANATEL para utilização dos transceptores de rádio;
- Funcionamento somente na área de cobertura do rádio.

3.3.3. Versão 3, Palm/GPRS.

Visando eliminar as desvantagens em relação ao sistema de transmissão das informações apresentadas na versão anterior, nesta etapa utilizou-se a infra-estrutura de telefonia móvel já implementada pelas empresas de telefonia.

3.3.3.1. Descrição do sistema

- SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO: **GPS;**
- SISTEMA DE COMUNICAÇÃO: **GSM / GPRS;**
- UNIDADE CONTROLADORA: **HandHeld (Palm);**
- RECURSOS ADICIONAIS: **Terminal Móvel *on-line* gráfico;**
- TECNOLOGIA DE MONITORAMENTO: **Assistido por *software* para disponibilização de S.I.G. MapGuide da AutoDesk, Banco de Dados Oracle. Disponibilidade *on-line* via Internet.**

Este sistema muda significativamente as tecnologias utilizadas em relação às anteriores, principalmente no que se refere ao sistema de comunicação de dados. Nesta versão foi testado também o monitoramento auxiliado com uma ferramenta SIG. O funcionamento do sistema é explanado na figura 37.

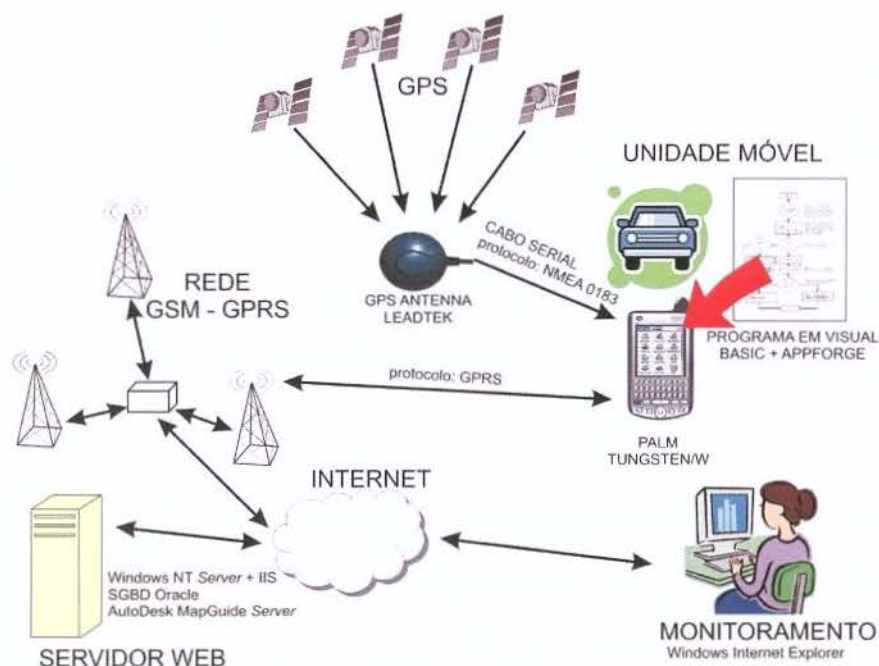


Figura 37. - Sistema Palm/GPRS.

3.3.3.2. Hardware / Software

A unidade móvel desta versão é composta de:

(hardware)

- Um computador de mão Palm *Tungsten/W*;
- Um receptor GPS marca: Leadtek modelo: *Smart Antenna*;
- Cabo especial com fonte de alimentação de energia do carro para o Palm + comunicação Serial com o receptor GPS.

(software)

- Sistema Operacional do Palm;
- Programa desenvolvido para funcionar como um módulo AVL;
- Visual Basic 6.0 + biblioteca APPForge para desenvolvimento de aplicações para *mobiles*.

A central de monitoramento é composta de:

(*hardware*)

- Um computador com IP válido para internet (Servidor);
- Um computador com acesso a internet (estação de trabalho).

(*software*)

- Windows NT *Server* com *Internet Information Server* - IIS;
- Servidor de Banco de Dados Oracle (Para armazenamento das posições, das rotas e histórico do rastreamento);
- AutoDesk Map *Guide Server* (Para disponibilização de SIG na internet).

3.3.3.3. Desenvolvimento da Unidade Móvel

As opções tecnológicas oferecidas no mercado até o surgimento do GPRS, por questões de custo, transmitiam posições por requisição, ou com baixa taxa de atualização (poucas posições em um grande espaço de tempo). Com isso, mesmo com a utilização de receptores GPS de precisão aceitável, o trajeto é representado de forma deficiente, a menos que se utilize uma alta taxa de atualização, fato que encarece a parte operacional do sistema.

No Brasil, antes do surgimento do GSM em 2003, a transmissão de dados via celular era cobrada por tempo de conexão, a partir desta data criou-se junto com o protocolo GPRS, um novo sistema de cobrança baseado em quantidade de *megabytes* transferidos, viabilizando soluções AVL, que utilizam telefonia móvel como meio de comunicação, devido ao fato da posição geográfica possuir um tamanho pequeno no que se refere a *bytes*.

A tabela 5 mostra custos com transmissão de dados via GPRS. Dependendo da configuração do sistema AVL, pode-se gastar menos de 1 MB por mês.

Tabela 5. - Custo com transmissão de dados GPRS em planos pós-pagos

QUANTIDADE DE MEGABYTES	CUSTO MEGABYTE
ATÉ 1MB	R\$ 5,99
> 1MB ATÉ 6MB	R\$ 5,87
> 6MB ATÉ 12MB	R\$ 4,99
> 12MB ATÉ 25MB	R\$ 4,40
> 25MB ATÉ 60	R\$ 4,30
> 60 MB	R\$ 4,20

Fonte: (TIM, 2006)

Nota-se, nas revistas especializadas, pouco tempo depois da oferta do protocolo GPRS, anúncios com produtos para rastreamento que utilizam a abordagem **GPS/GPRS/GSM**.

Para desenvolvimento desta nova solução é necessário um "telefone celular" com a tecnologia GPRS, um receptor GPS e uma unidade controladora que busque as informações do receptor GPS e transmita para a central de monitoramento através do sistema de telefonia celular.

A fim de evitar a manufatura de uma nova unidade controladora, foi aventada a possibilidade da utilização de um *handheld*, evitando com isso custos com desenvolvimento do *hardware*.

No site do fabricante de "computadores de mão" Palm <<http://www.palmone.org>>, em junho de 2004 foram encontrados vários produtos que poderiam ser utilizados. Porém, um *handheld* possuía um diferencial, funcionava também um celular GSM/GPRS. O modelo escolhido para o teste foi o *Palm Tungsten/W* (figura 38), que custou R\$ 1.300,00.

Para esta versão foi utilizado um receptor GPS OEM¹², mais simples e barato, e sem visor. Estes equipamentos não são produtos para o consumidor final e sim peças vendidas para compor sistemas maiores como AVL. No caso do receptor GPS, foi possível encontra-lo a um custo de R\$ 360,00, com o conector e cabos prontos para conexão com o *Palm* conforme mostrado na figura 39. O equipamento encontrado é o GPS *Smart Antenna* da marca LeadTek.



Figura 38. - *Handheld* Utilizado



Figura 39. - Receptor GPS Utilizado

Para o funcionamento da unidade móvel foi necessário o desenvolvimento de um programa para o *Palm* que fizesse a aquisição dos dados do receptor GPS e os enviasse para a central de monitoramento.

Foi necessário também o desenvolvimento de um programa na linguagem Visual Basic 6.0 com auxílio do Kit de desenvolvimento de aplicações para equipamentos portáteis chamado APPForge.

Para o desenvolvimento do programa da unidade móvel foi necessária a criação de uma interface entre o GPS e o *Palm* através do protocolo de GPS NMEA. Neste desenvolvimento, devido a grande capacidade de programação do equipamento, foi possível a criação de uma nova abordagem na forma de transmissão da posição do objeto rastreado. Normalmente os rastreadores transmitem a posição de um objeto em uma frequência pré-definida, como exemplo, uma transmissão a cada 10 minutos.

¹² OEM (*Original Equipment Manufacturer*) – É a sigla usada para especificação de equipamentos para serem finalizados e distribuídos por terceiros.

No Algoritmo desenvolvido para esta versão, a atualização da posição ocorre nos seguintes casos:

- quando o objeto rastreado está parado, a cada 15 minutos;
- quando o veículo está em movimento, a cada 2000 metros a fim de evitar, em trajetos longos, que tendam a uma reta, à falta de atualização no posicionamento;
- quando o veículo faz uma conversão com mais de 45° em relação a sua direção;
- quando o equipamento é ligado.

No caso de mau funcionamento do sistema de telefonia, foi previsto no algoritmo o armazenamento todas as coordenadas que deveriam ser atualizadas, até que seja normalizado o problema e seja possível a transmissão das posições.

Se em algum momento o GPS deixar de funcionar, também é enviado o estado do sistema junto com a última coordenada válida recebida, fazendo com isso que, em casos no qual o veículo entra em uma garagem ou túnel, garanta o posicionamento da entrada.

No caso do envio das informações via GPRS, a programação foi simplificada pela utilização da biblioteca de desenvolvimento APPForge.

3.3.3.4. Monitoramento

Nesta versão foi aplicada uma nova abordagem na central de monitoramento com a implementação de conceitos como SIG (Sistema de Informações Geográficas) e disponibilização na internet.

Através de um mapa e a infra-estrutura cedida pelo Departamento de Água e Esgoto de Americana, foi possível a preparação de um servidor Web / SIG para o funcionamento do sistema.

Para o funcionamento do sistema foram modeladas tabelas em um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) para o armazenamento das informações recebidas das unidades móveis. Estas tabelas são alimentadas pelo aplicativo desenvolvido em linguagem Microsoft C# criado para o recebimento das informações através de um *webservice* (serviço disponibilizado pela internet em aplicações Microsoft)

O funcionamento do monitoramento foi possível a partir de uma configuração no *software* MapGuide para apresentar o mapa da cidade de Americana junto com os dados recebidos e armazenados no SGBD.

a) Base Cartográfica

A base cartográfica foi disponibilizada junto com a infra-estrutura cedida pelo Departamento de Água e estava no sistema de coordenadas plano retangular UTM, fuso 23, datum Córrego Alegre.

Como a infra-estrutura cedida já estava sedimentada e de propriedade de terceiros, não havia a possibilidade de alteração do sistema de coordenadas na central de monitoramento. Para compatibilizar o sistema, foi implementado no programa do rastreador (Palm), funções para transformações de coordenadas (Geográfica WGS 84 para UTM Córrego Alegre), com o objetivo de transmitir o posicionamento no sistema de projeção compatível.

A seguir são mostrados os passos, fórmulas e parâmetros para transformação das coordenadas geodésicas WGS 84 para o sistema UTM Córrego Alegre. Para a

mudança de datum primeiramente efetua-se a conversão das coordenadas geográficas para cartesianas, posteriormente a translação das coordenadas dentro do sistema cartesiano e finalizando a conversão das coordenadas cartesianas transladas para coordenadas geográficas (SEGANTINE, 2005, p. 107).

Cabe destacar que as equações adotadas nesta pesquisa dependem da altitude geométrica disponibilizadas pelo receptor GPS no momento do posicionamento, e como a central de monitoramento desenvolvida não armazena a cota, deve-se utilizar a transformada de Molodensky abreviado para transformação de Data¹³ posteriores.

1º Passo:

Transformação das **Coordenadas Geodésicas** recebidas pelo GPS referidas do sistema WGS84 elipsóide de referência GRS80 para **Coordenadas Cartesianas**:

$$\begin{aligned} X_1 &= (N_1 + h_1) \cos \varphi_1 \cos \lambda_1 \\ Y_1 &= (N_1 + h_1) \cos \varphi_1 \sin \lambda_1 \\ Z_1 &= [(N_1(1 - e_1^2) + h_1) \sin \varphi_1 \end{aligned} \quad (3.1)$$

Onde:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{a_1}{\sqrt{1 - e_1^2 \sin^2 \varphi_1}} \\ e_1^2 &= \frac{a_1^2 - b_1^2}{a_1^2} \\ b_1 &= a_1 \left(1 - \frac{1}{f_1} \right) \\ a_1 &= 6.378.137\text{m} \\ f_1 &= \frac{1}{298.257223563} \end{aligned} \quad (3.2)$$

¹³ Data – Plural de Datum

Notação:

φ_1 - Latitude Geodésica (WGS84)

λ_1 - Longitude Geodésica (WGS84)

h_1 - Altitude geométrica (WGS84)

X_1, Y_1, Z_1 - Coordenadas Cartesianas (WGS84)

N_1 - Raio de curvatura do primeiro vertical (WGS84)

a_1, b_1 - Semi - eixos maior e menor do elipsóide (WGS84), respectivamente

f_1 - Achatamento (WGS84)

e_1 - Primeira excentricidade (WGS84)

2º Passo

Transformação das coordenadas cartesianas para datum Córrego Alegre (Hayford) através da translação do sistema conforme mostrado abaixo (IBGE, 1989).

$$\begin{aligned}X_2 &= X_1 + \Delta X \\Y_2 &= Y_1 + \Delta Y \\Z_2 &= Z_1 + \Delta Z\end{aligned}\tag{3.3}$$

Onde (parâmetros de WGS 84 para Córrego alegre) (IBGE, 1989):

$$\begin{aligned}\Delta X &= -205,57\text{m} \\ \Delta Y &= 168,77\text{m} \\ \Delta Z &= -4.12\text{m}\end{aligned}\tag{3.4}$$

Notação:

X_2, Y_2, Z_2 - Coordenadas Cartesianas (Córrego Alegre)

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ - Parâmetros de transformação

3º Passo

Conversão das coordenadas cartesianas datum Córrego Alegre para coordenadas geodésicas (HOFMANN-WELLENHOF; LICHTENEGGER; COLLINS, 1997 *apud* MONICO, 2000, p. 90).

$$\begin{aligned}\varphi_2 &= \arctan\left(\frac{Z_2 + e_2'^2 b_2 \sin^3 \theta}{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2 - e_2'^2 a_2 \cos^3 \theta}}\right) \\ \lambda_2 &= \arctan\left(\frac{Y_2}{X_2}\right) \\ h_2 &= \frac{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2}}{\cos \varphi_2} - N_2\end{aligned}\tag{3.5}$$

Onde:

$$\begin{aligned}N_2 &= \frac{a_2}{\sqrt{1 - e_2'^2 \sin^2 \varphi_2}} \\ e_2'^2 &= \frac{a_2^2 - b_2^2}{a_2^2} \\ e_2'^2 &= (a_2^2 - b_2^2) / b_2^2 \\ b_2 &= a_2 \left(1 - \frac{1}{f_2}\right) \\ a_2 &= 6378137\text{m} \\ f_2 &= \frac{1}{298,257223563} \\ \theta &= \arctan\left(Z_2 a_2 / \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} b_2\right)\end{aligned}\tag{3.6}$$

Notação:

- φ_2 - Latitude Geodésica (Córrego Alegre)
- λ_2 - Longitude Geodésica (Córrego Alegre)
- h_2 - Altitude Geométrica (Córrego Alegre)
- N_2 - Raio de curvatura do primeiro vertical (Hayford)
- a_2, b_2 - Semi - eixos maior e menor do elipsóide (Hayford), respectivamente
- f_2 - Achatamento (Hayford)
- e_2 - Primeira excentricidade (Hayford)

A partir daí, o próximo passo é a transformação das coordenadas geodésicas para o sistema UTM (Universal Transversa de Mercator). De acordo com Silveira (2004), para executar a conversão deve-se calcular as coordenadas, conforme mostrado a seguir:

$$\begin{aligned} N &= N' + 10000000 \quad (\text{No hemisfério Sul}) \text{ ou} \\ N &= N' \quad (\text{No hemisfério Norte}) \\ E &= E' + 500000 \end{aligned} \quad (3.7)$$

Onde:

$$\begin{aligned} N' &= I + II \cdot p^2 + III \cdot p^4 + A'_6 p^6 \\ E' &= IV \cdot p + V \cdot p^3 + B'_5 \cdot p^5 \\ I &= K_0 \cdot S \\ p &= 0,0001 \cdot \Delta\lambda'' \\ \Delta\lambda'' &= (\lambda - \lambda_0) \cdot 3600 \\ S &= a \cdot (1 - e^2) \cdot \left[A \cdot \left(\frac{\varphi \cdot \pi}{180} \right) - \frac{B \cdot \sin 2\varphi}{2} + \frac{C \cdot \sin 4\varphi}{4} - \frac{D \cdot \sin 6\varphi}{6} + \frac{E \cdot \sin 8\varphi}{8} - \frac{F \cdot \sin 10\varphi}{10} \right] \\ II &= \frac{N_3 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \sin^2 1''}{2} \cdot K_0 \cdot 10^8 \\ III &= \frac{N_3 \sin \varphi \cdot \cos^3 \varphi \cdot \sin^4 1''}{24} \cdot (5 - \tan^2 \varphi + 9 \cdot e'^2 \cdot \cos^2 \varphi + 4 \cdot e'^4 \cdot \cos^4 \varphi) \cdot K_0 \cdot 10^6 \quad (3.8) \\ IV &= N_3 \cdot \cos \varphi \sin 1'' \cdot K_0 \cdot 10^4 \\ A'_6 &= \frac{N_3 \sin \varphi \cdot \cos^5 \varphi \cdot \sin^6 1''}{720} \cdot (61 - 58 \tan^2 \varphi + \tan^4 \varphi + 270 e'^2 \cos^2 \varphi - 330 e'^2 \sin^2 \varphi) \cdot K_0 \cdot 10^{24} \\ V &= \frac{\sin^3 1'' \cdot N_3 \cdot \cos^3 \varphi}{6} \cdot (1 - \tan^2 \varphi + e'^2 \cdot \cos^2 \varphi) \cdot K_0 \cdot 10^{12} \\ B'_5 &= \frac{N_3 \cos^5 \varphi \cdot \sin^5 1''}{120} \cdot (5 - 18 \cdot \tan^2 \varphi + \tan^4 \varphi + 14 \cdot e'^2 \cos^2 \varphi - 58 \cdot e'^2 \sin^2 \varphi) \cdot K_0 \cdot 10^{20} \end{aligned}$$

Coeficientes:

$$\begin{aligned}
 A &= 1 + \frac{3}{4} \cdot e^2 + \frac{45}{64} \cdot e^4 + \frac{175}{256} \cdot e^6 + \frac{11025}{16384} \cdot e^8 + \frac{43659}{65536} \cdot e^{10} \\
 B &= \frac{3}{4} \cdot e^2 + \frac{15}{16} \cdot e^4 + \frac{525}{512} \cdot e^6 + \frac{2205}{2048} \cdot e^8 + \frac{72765}{65536} \cdot e^{10} \\
 C &= \frac{15}{64} \cdot e^4 + \frac{105}{256} \cdot e^6 + \frac{2205}{4096} \cdot e^8 + \frac{10395}{16384} \cdot e^{10} \\
 D &= \frac{35}{512} \cdot e^6 + \frac{315}{2048} \cdot e^8 + \frac{31185}{131072} \cdot e^{10} \\
 E &= \frac{315}{16384} \cdot e^8 + \frac{3465}{65536} \cdot e^{10} \\
 F &= \frac{639}{131072} \cdot e^{10}
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

Geometria do elipsóide terrestre:

$$\begin{aligned}
 N_3 &= \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \\
 e &= \sqrt{\frac{a_2^2 - b_2^2}{a_2^2}} \\
 e' &= \sqrt{\frac{a_2^2 - b_2^2}{b_2^2}} \\
 f &= 1 - \frac{b_2}{a_2}
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

Notação:

N, E - Coordenadas Plano Retangulares UTM

N', E' - Coordenadas Plano Retangulares sem as constantes de origem

N_3 - Raio de curvatura do primeiro vertical

K_0 - Coeficiente de deformação da origem do sistema

$\Delta\lambda''$ - Diferença de longitude até Meridiano central do fuso em segundos

e - Primeira excentricidade

e' - Segunda excentricidade

b) Funcionamento

Após a instalação do programa desenvolvido na unidade móvel e a preparação da central de monitoramento “on-line” foi possível verificar o funcionamento do sistema através da plotagem do objeto monitorado na base cartográfica conforme mostrado na figura 40.

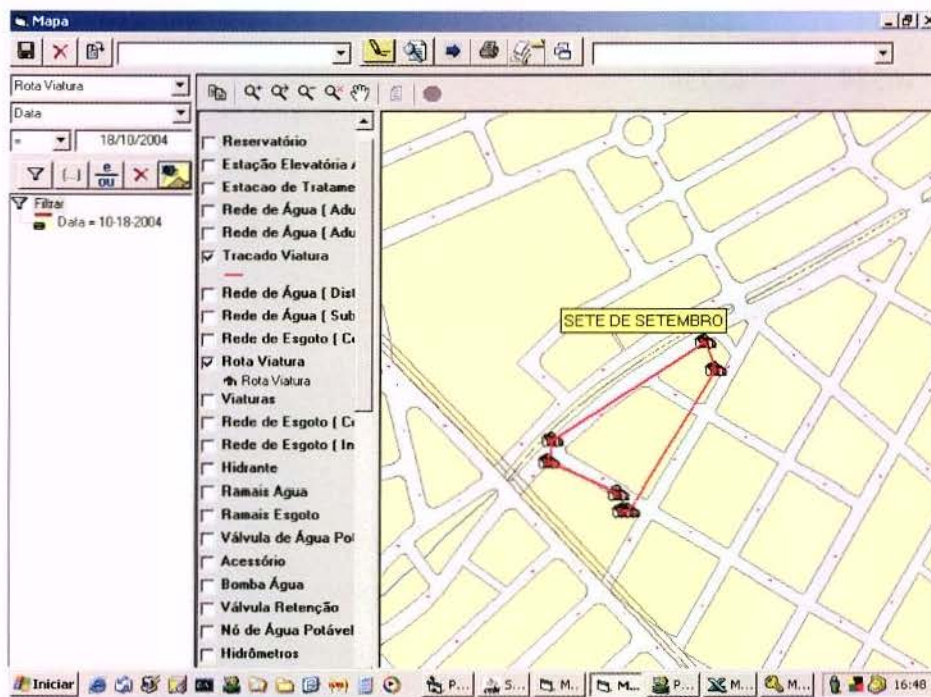


Figura 40. - Exemplo visualização do trajeto no AutoDesk MapGuide

3.3.3.5. Teste de disponibilidade do serviço GSM/GPRS

Simultaneamente aos testes de propagação elaborados, foi feito também uma avaliação da área de cobertura do sistema de comunicação utilizado no sistema AVL desenvolvido na versão 3. O objetivo foi verificar a qualidade do sinal GSM na cidade de Americana, nos mesmos pontos onde foram realizados os testes da transmissão via

rádio. Contudo, o fato de existir comunicação GSM não é o suficiente para o funcionamento do GPRS.

A metodologia utilizada foi a simples verificação da escala da potência do sinal mostrada no visor de um aparelho celular da marca Nokia 6100. A escala da qualidade de sinal pode variar de 0 até 7, onde os resultados foram classificados como ruim quando menores que 3 (vermelho), bons quando estiverem entre 3 e 5 (amarelo), e ótimos quando maior que 5 (verde). O objetivo deste teste foi de criar o mapa temático, mostrado na figura 41, com as áreas da cidade onde se pode observar a qualidade do funcionamento da telefonia celular da operadora utilizada no desenvolvimento dos experimentos. Os dados que foram coletados podem ser observados no Anexo III.

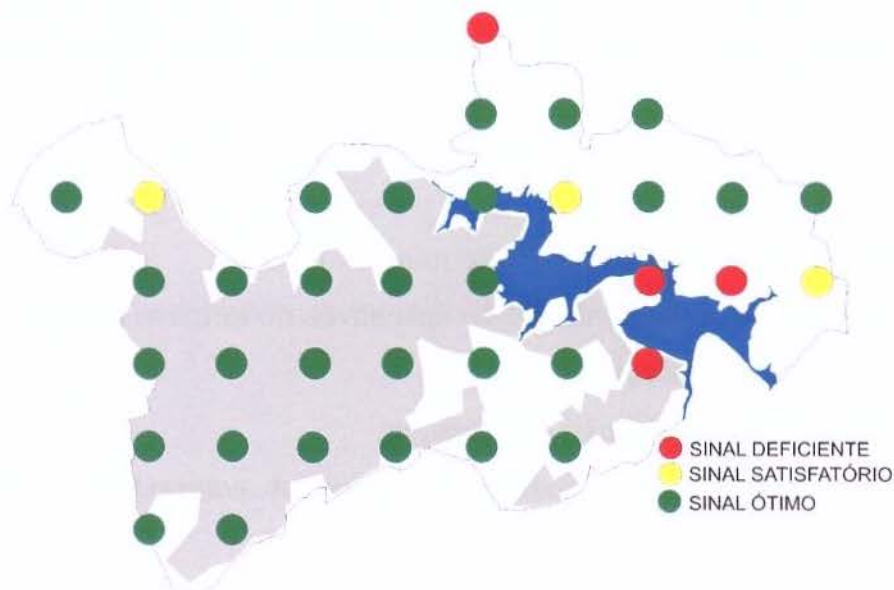


Figura 41. - Mapa com a amostragem da qualidade de sinal GSM em Americana

Considerações finais sobre os testes:

É visível na figura 41 a ampla área de cobertura do sistema, inclusive em pontos de regiões rurais. É possível também perceber a diferença de qualidade entre o sistema de comunicação utilizado nas versões anteriores através da comparação deste teste com os resultados apresentados na figura 34.

3.3.3.6. Relevância da versão Palm/GPRS

Com esta versão, obteve-se um funcionamento satisfatório. Outro ponto importante foi a inclusão da primeira tentativa de se obter uma melhor representação no trajeto em relação aos sistemas convencionais de transmissão por tempo (neste caso, apresentado a cada 1 minuto).

O fato de existir um terminal móvel no veículo, poderá permitir também a criação de aplicativos que utilizem o computador móvel conectado a uma central. Um exemplo disso é o envio de mensagens, ou até mesmo, a criação de recursos como a possibilidade do condutor criar do veículo uma ordem de serviço geo-referenciada para a prefeitura/departamento de água para concerto de um buraco em uma via, etc..

Vantagens:

- Opção atraente para frotas que não possuem rádio;
- Possibilidade de implementação de aplicativos no terminal móvel;
- Simplicidade da instalação;
- Qualidade na representação dos trajetos;
- Possibilidade do monitoramento em qualquer computador com acesso à internet.

Desvantagens:

- Sistema móvel aparentemente frágil;
- O uso de *hardware* específico (*Palm Tungsten/W*) pode inviabilizar um projeto se o mesmo for retirado do mercado. Fato que aconteceu, logo após a finalização da versão;
- Altos custos com licenças de *software* como: *Oracle*, *Visual Basic*, *APPForge*, *AutoDesk MapGuide*, *Windows NT* (no caso desta implementação).

3.3.4. Versão 4, “AVL Trajeto Preciso” (versão final).

A revisão bibliográfica e as versões anteriores de AVL contidas neste trabalho foram elaboradas com o intuito de se entender melhor os sistemas existentes, as tendências de mercado, novas abordagens de desenvolvimento e aprofundamento do conhecimento, com isso, foi possível o desenvolvimento da versão final. O objetivo não é substituir e nem superar os sistemas similares, e sim, dar uma abordagem diferente na tentativa de permitir novas formas de utilização de sistemas AVL, complementando as versões existentes que normalmente estão focadas em aplicações para transportes de carga e sistemas de segurança.

Alguns problemas verificados na literatura e nas versões anteriores:

- Sistemas de comunicação de dados:
 - Transmissão direta por satélite: alto custo, complexidade;
 - Transmissão por rádio: área de cobertura limitada, necessidade de repetidoras ou instalação de infra-estrutura de recepção, alto consumo de baterias;
 - Transmissão por celular no modo convencional: custo alto por conexão, área de cobertura limitada pela infra-estrutura instalada pela operadora;
 - Conexão GPRS: limitada infra-estrutura instalada pela operadora;
 - Possibilidade de descontinuidade na fabricação de *Hardware*.
- Sistemas de Posicionamento:
 - Não funcionamento do GPS dentro de áreas fechadas;
 - Baixa precisão em sistemas de rastreo por triangulação de antenas terrestres;
 - *Cell ID*: precisão muito baixa para representação dos trajetos.
- Central de Monitoramento:
 - Alto custo com licença de *softwares*;

- Dificuldade na programação, personalização, configuração e instalação de *softwares* livres;
- As bases cartográficas disponíveis para utilização no SIG usadas para monitoramento, muitas vezes, são incompletas, sem exatidão e em escalas pequenas.

Nesta etapa o desenvolvimento de sistema AVL procurou favorecer as seguintes características:

- Custo operacional viável se comparado aos de mercado;
- Componentes do *hardware* que possuam uma garantia de fornecimento;
- Melhor exatidão na representação dos trajetos, que é o principal objetivo deste trabalho;
- Utilização de “*software* livre” nas ferramentas de monitoramento.

3.3.4.1. Descrição do sistema

- SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO: **GPS;**
- SISTEMA DE COMUNICAÇÃO: **GSM/GPRS;**
- UNIDADE CONTROLADORA: **Placa WISMO Quik Q2501B;**
- RECURSOS ADICIONAIS: **Terminal Móvel *on-line* gráfico, Portas I/O programáveis;**
- TECNOLOGIA DE MONITORAMENTO: **Assistido por *software* para disponibilização de S.I.G. *Mapserver*, Banco de Dados Postgre/PostGIS. Disponibilidade *on-line* via Internet.**

Plano de Abordagem (tecnologias escolhidas):

- Sistemas de comunicação de dados GPRS:
 - Apesar da área de cobertura ser limitada, o sistema GSM/GPRS atende a maioria das regiões onde existem vias no estado de São Paulo;
 - O custo de utilização do sistema GPRS é cobrado por megabyte trafegado e não por tempo de conexão¹⁴, tornando-se uma opção interessante, visto que a quantidade de informação necessária para o rastreo é pequena (aproximadamente 70 bytes por atualização de posição);
 - Disponibilidade no mercado de grande quantidade de *hardware* compatível com o sistema GPRS.
- Sistemas de Posicionamento (GPS):
 - Boa qualidade na determinação do posicionamento;
 - Área de cobertura global;
 - Custo zero para utilização do sistema;
 - Baixo custo dos equipamentos oferecidos no mercado;
 - Diversidade de receptores no mercado.
- Central de Monitoramento:
 - Utilização da Internet para transmissão dos dados das unidades móveis e para o acesso ao sistema de monitoramento;
 - Utilização de *software* livre;
 - Montagem da base cartográfica: negociação com empresas públicas e privadas para disponibilização das regiões atendidas pelo sistema.

¹⁴ Cobrança (*Billing*) por Tempo de Conexão – Sistema de medição para cobrança em função do tempo de conexão medido em minutos utilizado nas tecnologias de comunicação de dados anteriores ao GPRS.

Na figura 42 pode ser observado o sistema idealizado na versão 4.

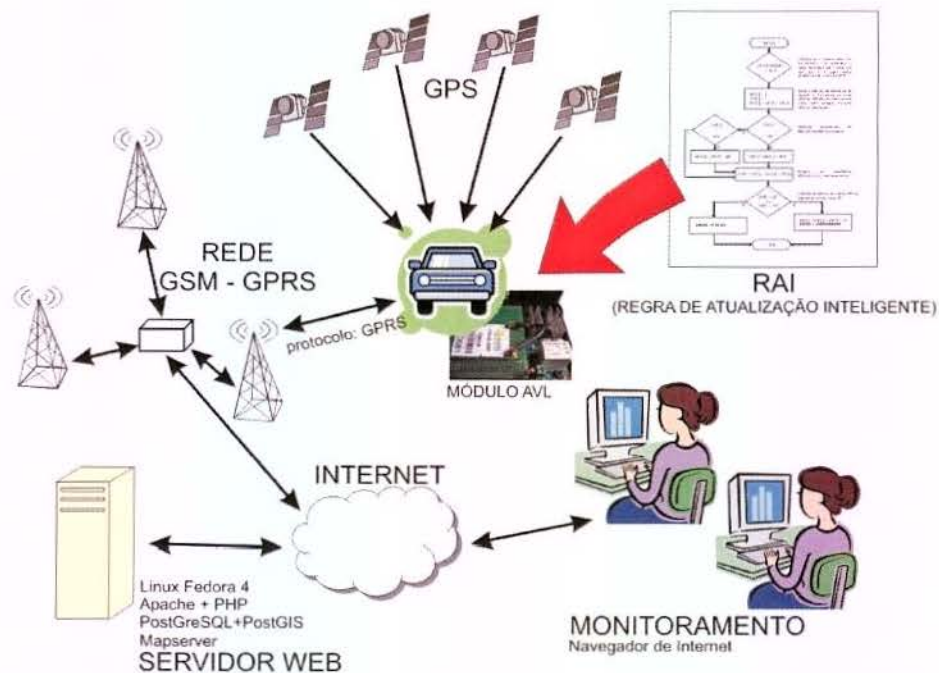


Figura 42. - Sistema "AVL Trajeto Preciso".

3.3.4.2. Hardware / Software

Escolha do *hardware* da Unidade móvel:

Para o desenvolvimento desta versão foi necessário escolher um *hardware* para transmissão de informações via GSM/GPRS, um receptor GPS e uma unidade controladora. O equipamento utilizado na última versão (*Palm Tungsten/w*) deixou de ser fabricado e foi descartado.

A primeira idéia para o *hardware* do sistema de comunicação foi a adaptação de um telefone celular. Em um segundo momento, em uma pesquisa em produtos de fabricantes como Motorola, Nokia e Siemens, foi observado outro tipo de produto denominado *datamodem* GSM/GPRS que se encaixava exatamente no objetivo do projeto. O *datamodem* GSM/GPRS é um dispositivo portátil que funciona como um *modem* de computador através de comandos AT¹⁵. Nas figuras 43 e 44 podem ser observados exemplos de equipamentos similares.



Figura 43. - Motorola G18
Fonte: (MOTOROLA, 2002, p 8.)

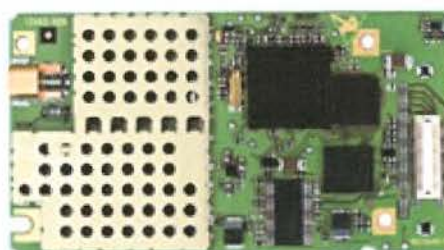


Figura 44. - Siemens AC45
Fonte: (SIEMENS, 2003)

Esta procura permitiu perceber que o *datamodem* é um produto amplamente utilizado no mercado em soluções AVL com GPRS como sistema de comunicação.

Para que o rastreador AVL (GPS/GPRS) funcione é necessária a combinação de um *datamodem*, um receptor GPS e de uma unidade controladora. O receptor GPS pode ser comprado e adaptado facilmente ao sistema, porém a unidade controladora depende de desenvolvimento.

Em uma segunda procura, foi encontrado um produto francês do fabricante de equipamentos de telefonia *Wavecom* chamado *Wismo Quik Q2401* com características

¹⁵ Comandos AT: comandos utilizados por *modem* Hayes e compatíveis. Todos os comandos se iniciam pelas letras AT. Entre os comandos mais comuns, estão: ATD (disca um número), ATA (responder manualmente ao telefone), ATZ (redefinir o modem), ATSO=0 (desativar a resposta automática), ATH (desligar o telefone).

compatíveis para o desenvolvimento desta versão, com o diferencial de possuir um processador com memória e possibilidade de programação em C++, eliminando a necessidade do desenvolvimento do *hardware* para a unidade controladora. Na linha de produtos do mesmo fabricante foi encontrado também um equipamento que inclui um receptor GPS, chamado *Wismo Quik Q2501B* que, finalmente, foi adotado no desenvolvimento da unidade de rastreamento desta versão. Outra característica interessante deste equipamento é seu tamanho reduzido conforme pode ser observado nas figuras 45 e 46, fato importante, uma vez que sistemas de monitoramento de veículos são muitas vezes utilizados como sistemas de segurança e precisam ficar em locais de difícil visibilidade.

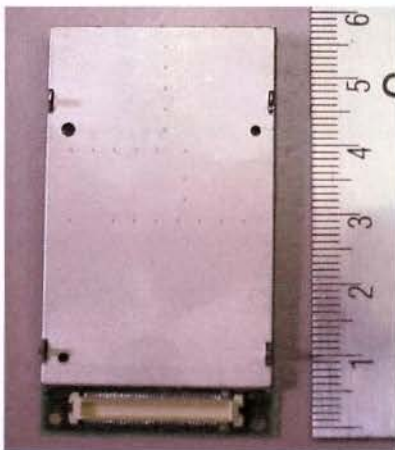


Figura 45. - Placa adotada no Experimento (Lado Componente)



Figura 46. - Placa adotada no Experimento (Lado Solda)

Características físicas:

Especificação técnica da placa **WISMO QUIK Q2501B**.

Tamanho: 58,4 x 32,2 x 6,3 mm / Blindado

Peso: 11 g

GSM/DCS

Frequência 900/1800 MHz.

Classe de Tx (Transmissão): 4 (2 W com E-GSM) e 1 (1 W com DCS)

GPRS

multislot Classe 10

GPS

GPS L1 frequência civil 1575.42 MHz

16 canais

Compatibilidade com os sistemas de melhoria na exatidão: *Satellite Based Augmentation System* (SBAS) / *Wide Area Augmentation System* (WAAS)

2,5 m CEP¹⁶ (*Circular Error Probable*), contudo, este valor no Brasil não é válido, pois os sistemas SBAS e WAAS foram desenvolvidos para outras regiões e não cobrem a América Latina

Tempos¹⁷: *hot start* 3.5 s / *warm start* 33 s / *cold start* com 34 segundos

Protocolos: NMEA-0183 / UBX / RTCM

Disponibilidade de interface "*Dead Reckoning*"¹⁸

3.3.4.3. Desenvolvimento do *hardware* do sistema móvel

Para o funcionamento do sistema móvel foi necessária a integração de alguns componentes além da placa, a antena de GPS, a antena de celular, a placa complementar com transformador, soquete para SIM CARD e conector DB9.

As antenas de GPS e celular mostradas na figura 47 são componentes da unidade móvel vendidos separadamente, fácil de serem encontrados e instalados no *datamodem*. Porém, para o pleno funcionamento do sistema é necessário o

¹⁶ CEP – Padrão de referência de medida de exatidão para receptores GPS. Significa o raio de um círculo de posição exata que contém 50% dos pontos medidos.

¹⁷ Tempos de partida: - São os tempos que um receptor GPS, uma vez ligado, demora para entrar em plena operação. No *hot start* o receptor GPS possui o almanaque atualizado (constelação GPS), esta próximo da última posição válida, foi desligado a menos de duas horas e não perdeu as últimas informações lidas, já no *warm start* o almanaque está atualizado, está próximo da última posição válida, as últimas informações que foram lidas não foram perdidas e o *início frio* as condições citadas anteriormente não foram alcançadas, normalmente acontece quando o receptor é desligado e não possui nenhuma bateria *backup* (WAVECOM, 2004a).

¹⁸ *Dead reckoning* é uma técnica para calcular a posição de um objeto a partir de seu deslocamento (*odometer*) e de sua direção (*gyroscope*) (KAYTON; FRIED, 1969).

desenvolvimento de interfaces complementares, pois o *datamodem Wismo* fabricado pela *Wavecom* não é um produto pronto e sim um equipamento OEM. Na figura 48 é mostrado as conexões da placa Wismo Quik Q2501, no qual o conector principal é detalhado no anexo IV.

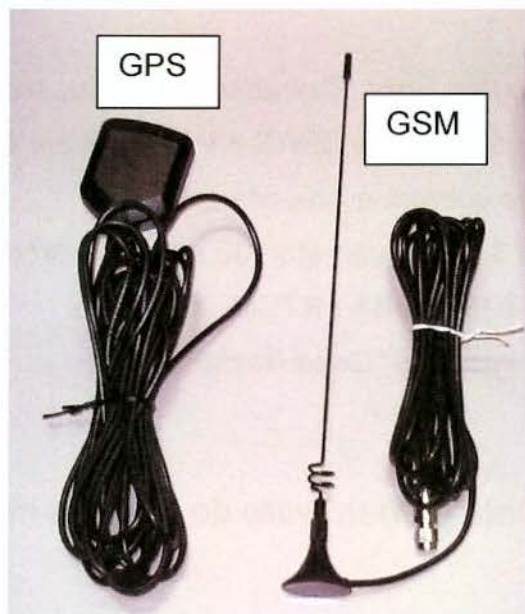


Figura 47. - Antenas da unidade móvel

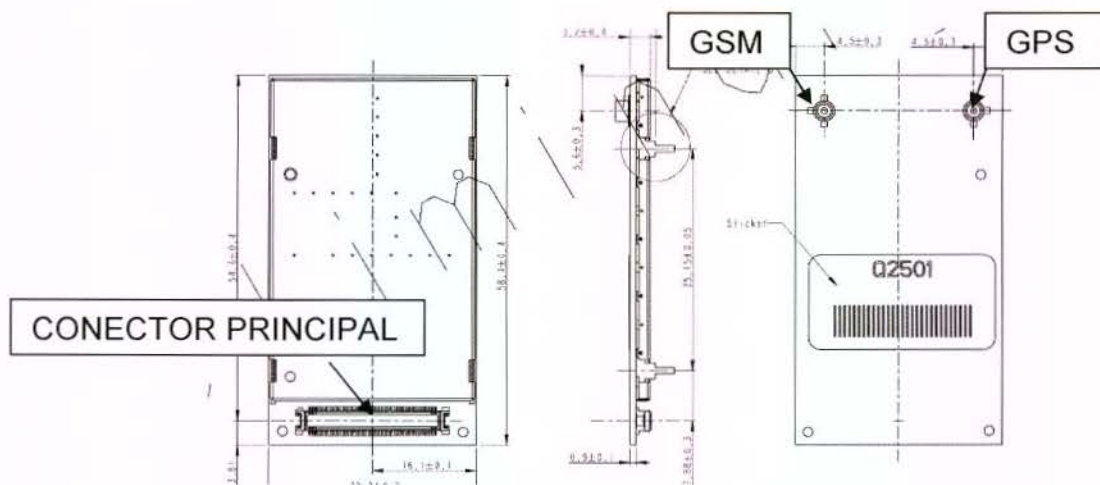


Figura 48. - Conexões da Placa Wismo Quik Q2501

Desenvolvimento complementar:

- Um transformador de corrente contínua de 13,8 volts para 3,8 volts para adequar a tensão do veículo com a placa;
- Uma bateria recarregável para que o sistema funcione por um determinado período mesmo que seja cortada a energia, com o intuito de aumentar a confiabilidade e segurança;
- Um “conector de cartão SIM” (figura 49) para colocar o chip GSM fornecido pela operadora de telefonia;
- Um conector da Marca Molex modelo 53748 de 0,5mm (.020”) *pitch* mostrado na figura 50;
- Circuito para adequação da tensão de comunicação serial a partir da porta *Universal Asynchronous Receiver / Transmitter* (UART) da placa WISMO, que é um componente utilizado em computadores para tradução entre os dados paralelos e seriais. Utilizado em telecomunicações, o UART converte dados entre bytes e cadeias de bits *start-stop* assíncronas representada com impulsos elétricos. Este circuito é necessário, pois a saída serial padrão de um computador utiliza para comunicação as voltagens -12V e +12V, enquanto que a porta UART da placa WISMO usa 0V e 2.8V. Esta conexão disponibilizada pelo conector DB9 (figura 51) é utilizada para atualização do programa interno e para possibilitar expansões modulares.



Figura 49. - Conector de cartão SIM e Cartão SIM
Fonte: Astron Technology Corp.

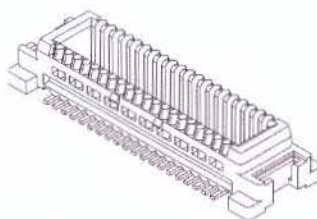


Figura 50. - Conector Molex 53748
Fonte: (WAVECOM, 2004a)

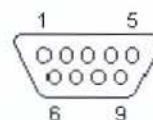


Figura 51. - Formato do conector DB9 padrão

A confecção desta placa não foi artesanal, pois o conector existente para interface entre as duas placas do tipo *Superficial Mounting Device* (SMD¹⁹) é muito pequeno. Para este desenvolvimento foi necessário enviar o projeto desejado para um fabricante que possuía tecnologia para estampagem e soldagem de componentes SMD. O conector mostrado em destaque, na figura 52, permite a interface e possui 80 vias para os mais distintos fins, entre eles a alimentação, o cartão SIM e a comunicação serial.

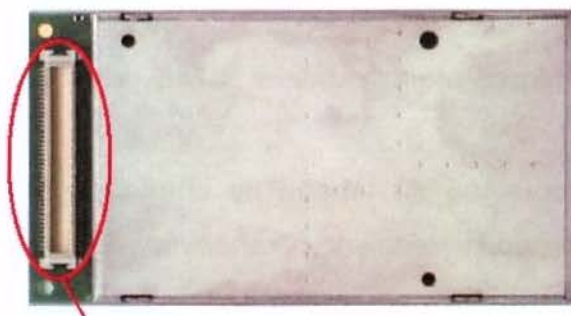


Figura 52. - Placa Wismo Quik Conector de 80 vias em destaque
Fonte: (WAVECOM, 2004a).

O desenvolvimento do projeto das placas complementares foi simples, pois apesar de miniaturizadas, possuíam basicamente a fonte, as trilhas para ligação dos conectores, os conectores e alguns led's (diodo emissor de luz) de controle. Para uma versão comercial é necessário se dar uma atenção especial para a fonte, pois o equipamento é delicado e qualquer surto pode queimá-lo. Como o objetivo de sistemas AVL é ser utilizado para o rastreamento dos mais variados veículos, alguns deles podem ter variação suficiente de tensão na partida do motor que pode afetar o funcionamento da placa. Com isso, torna-se necessário o desenvolvimento de fontes que trabalhem em uma faixa de tensão mais larga e possuam sistemas de proteção.

Nesta versão, fez-se uma parceria com a empresa Cebi Informática a qual contribuiu com o desenvolvimento do *hardware*, cedendo apoio tecnológico, bem como com a compra de componentes. Na figura 53 é mostrado o momento em que foram

¹⁹ Componentes **SMD** (*Superficial Mounting Device*) ou componentes de montagem em superfície têm dominado os equipamentos eletrônicos nos últimos anos. Isto devido ao seu tamanho reduzido comparado aos componentes convencionais.

realizados testes com a fonte de alimentação, no osciloscópio, pelo técnico Mario Cremaschi.



Figura 53. - Momento dos testes com a fonte no osciloscópio
Laboratório de Hardware da empresa CEBI Informatica em São Caetano

Para o projeto das placas foi utilizado o *software* Tango para DOS. Os arquivos resultantes deste programa antigo foram convertidos para a extensão grber (".grp"), a fim de compatibilizar com o *software* cam350 versão 7.6.1., utilizado pela empresa (CADService Produtos Eletrônicos Ltda. de Campinas) que estampou as placas.

O módulo de rastreamento ficou dividido em três placas: a placa de apoio que basicamente contém a fonte de alimentação, mostrada na figura 54, a placa complementar (destacada na figura 55) que contém o conector de cartão SIM, o circuito de adequação de tensão da porta UART para comunicação serial, conector Molex e trilhas que levam até conectores maiores para facilitar alterações no projeto e a placa *Wismo Quik Q2501*.

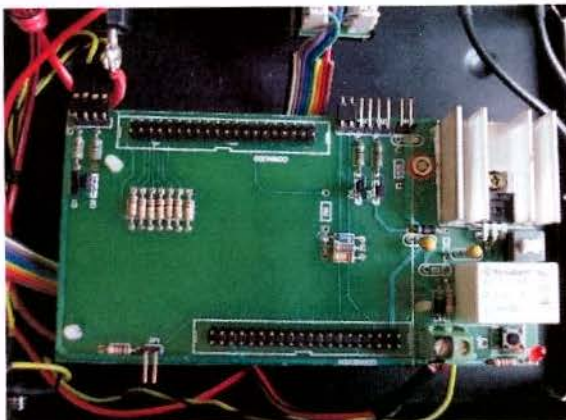


Figura 54. - Placa base com fonte de Alimentação
Confeccionada no Laboratório da empresa CEBI Informatica em
São Caetano



Figura 55. - Placa de interface (SIM Card e porta serial)
Projetada em conjunto com a empresa CEBI Informatica.
Estampada e montada pela empresa CADService de Campinas.

Na figura 56 pode ser observado uma ilustração do esquema da placa de interface entre a placa *Wismo Quik* e os demais periféricos, no qual em vermelho são mostradas as trilhas do lado da solda, em preto são mostradas as trilhas do lado oposto e em azul são representados os componentes.

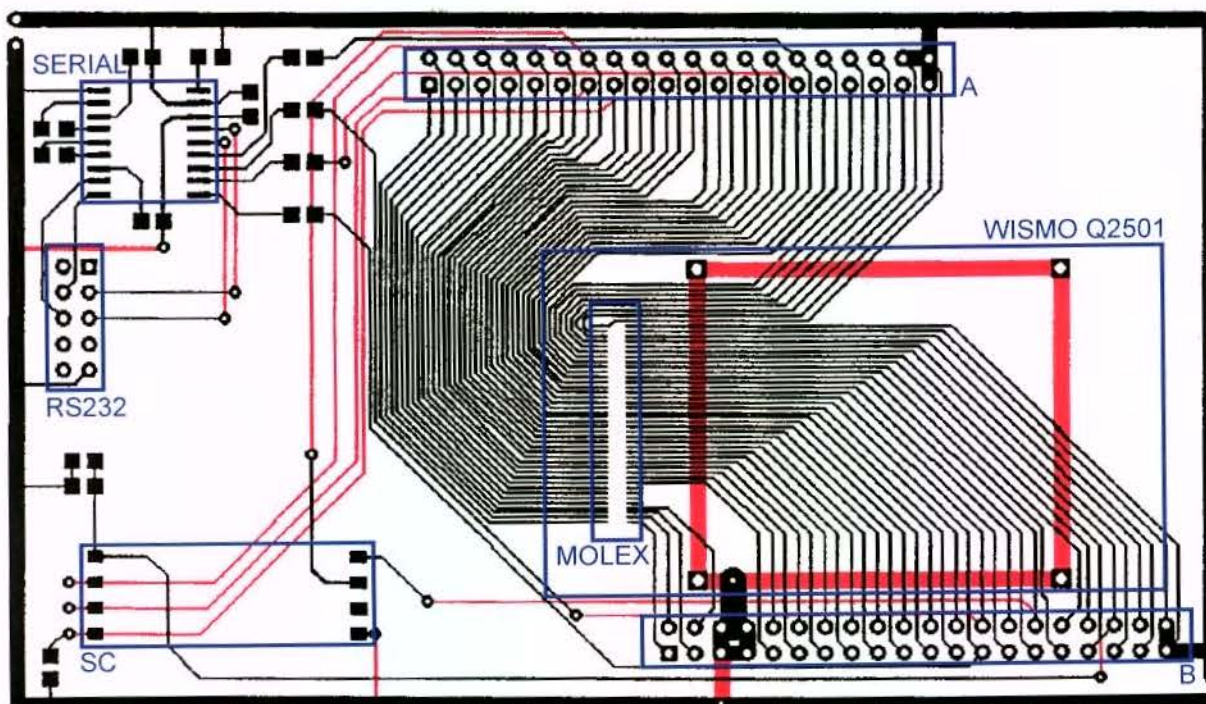


Figura 56. - Ilustração do esquema da placa de interface

Componentes da placa de interface:

Capacitores	6	CAPSM	100nF	C1, C2, C3, C4, C5, C6
Capacitor	1	CAPSM	470pF	C7
Serial	1	ICL3222		SERIAL
Conector	1	IDC2X10M		RS232
Conectores	2	IDC2X40M		A, B
Conector	1	MOLEX80		MOLEX
Resistor	1	RES	100K	R6
Resistores	5	RESSM	2k2	R1, R2, R3, R4, R5
Conector	1	SIMCARD		SC

Todas as placas foram acondicionadas em uma caixa metálica que posteriormente foi abrigada dentro de um veículo junto com as antenas. A instalação é muito simples, pois só depende de alimentação, porém como muitas vezes é utilizado como sistema de segurança patrimonial, é necessária uma boa escolha no posicionamento dos componentes, a fim de evitar que seja desativado em caso de furto.

3.3.4.4. Desenvolvimento do *software* do sistema móvel

Para a criação do *software*, foi utilizado um kit (figura 57) de desenvolvimento onde foi possível acoplar um módulo *Wismo Quik*, o qual permitiu a conexão com um computador através da porta serial. A partir do mesmo é possível desenvolver, depurar e atualizar os programas contidos no módulo.

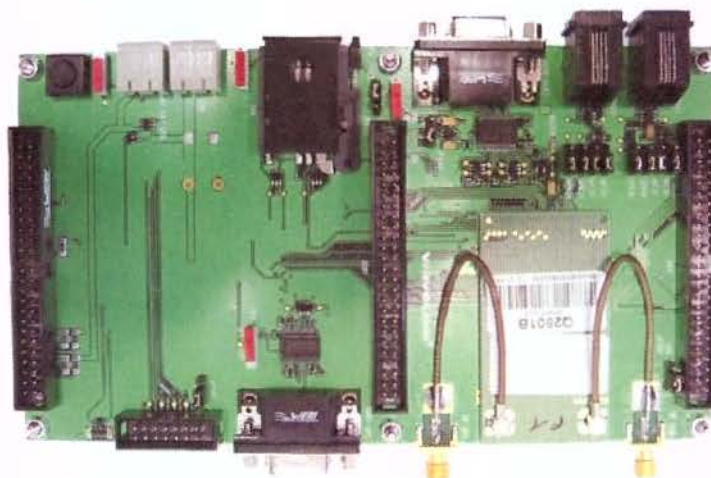


Figura 57. - Mother Board (kit de desenvolvimento)

Fonte: (WAVECOM, 2004b)

Os programas do módulo foram desenvolvidos em linguagem “C”. O editor de programação foi o Microsoft Visual C++ 6.0 e a compilação/linkedição foi elaborada pelo GCC²⁰ v 3.0.4. para ARM²¹. Foram fornecidos pelo fabricante do módulo bibliotecas de programação em duas versões: para depuração (emulação / depuração em PC e Módulo via comandos AT) e para compilação do executável ARM.

3.3.4.5. Desenvolvimento do algoritmo e regras de transmissão

Os sistemas AVL estão sendo muito utilizados nos dias de hoje e, mesmo com seu constante aprimoramento tecnológico, pouca atenção está sendo dada às regras de transmissão de coordenadas apesar de alguns trabalhos apresentarem estudos sobre a taxa de atualização de posição (*Position Update Rate*) do objeto rastreado em relação à frequência de reportagem.

Como o principal objetivo deste trabalho é a apresentação de alternativas e soluções para o desenvolvimento de algoritmo para atualização do posicionamento dos

²⁰ GCC (GNU Compiler Collection) – Compilador de Linguagem “C” gratuito para ser executado em sistema operacional Linux;

²¹ ARM (Acorn RISC Machine) - Processador utilizado normalmente em computadores de mão, aparelhos de celular, câmeras digitais, vídeo games etc.

objetos rastreados na central, onde a coordenada é reportada em diferentes condições e situações, levando em consideração, inclusive a movimentação do veículo e o desenvolvimento de soluções que vão além da taxa de atualização por tempo, esperam-se desenvolver algoritmos para reportagem de coordenadas de sistema AVL que:

- possua uma melhor aderência do trajeto rastreado em relação ao trajeto real efetuado pelo veículo, procurando, ao menos, representar por quais ruas foram trafegadas;
- reduza custos com transmissão de dados;
- evite o excesso de dados armazenados na central de monitoramento;
- seja eficiente na localização em caso de roubo;
- ofereça soluções quanto à avaria no sistema de comunicação, evitando a perda dos dados do trajeto rastreado.

Não foi objetivo deste trabalho o desenvolvimento de uma solução para todos os sistemas AVL, ou seja, pretende-se apenas criar uma nova abordagem nas regras de transmissão que permitem novas aplicações que necessitem de maior precisão e não apenas no posicionamento dos pontos rastreados, como também na escolha de qual momento é o mais adequado para se enviar a posição do veículo.

c) Sistemas Comuns (*Update Positioning Rate*).

As regras comumente utilizadas em sistemas AVL atentam para a frequência de transmissão (por tempo) que pode ser configurado de acordo com a necessidade da aplicação. Em situações que precisam de grande exatidão a taxa de atualização pode ser da ordem de segundos, gerando grande quantidade de dados, provocando problemas de armazenamento e altos custos com transmissão. Em contrapartida baixa taxa de atualização apresenta deficiência na representação do trajeto rastreado,

principalmente em áreas urbanas. Na tabela 6, pode-se observar a taxa de atualização indicada para dois tipos de aplicação de monitoramento.

Tabela 6. - Taxa de atualização para Frotas	
APLICAÇÃO	TAXA DE ATUALIZAÇÃO
Monitoramento de Posição Urbano	20-60 (s)
Monitoramento de Posição Rural	30-90 (s)

Fonte: Adaptado de (BONORA *et al.*, 1996)

Em centros urbanos os sistemas AVL com baixa frequência de atualização de coordenadas possuem muita deficiência na representação do real trajeto realizado pelo veículo como pode ser observado na figura 58. A linha, em amarelo, representa o real trajeto efetuado pelo veículo, os pontos pretos são as plotagens da atualização do rastreo de 2 em 2 segundos e, em vermelho, a representação do trajeto com frequência de 1 minuto.

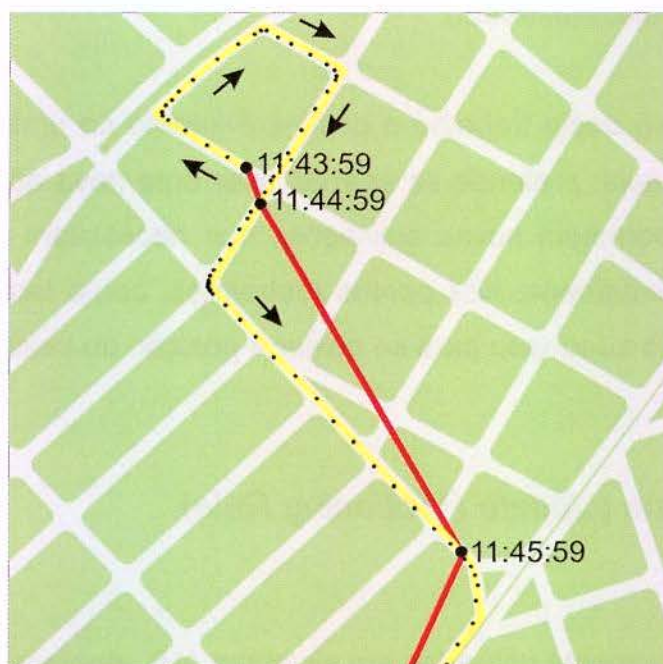


Figura 58. - Comparação de diferentes tipos de taxa de atualização.

Conforme pode ser observado, fica evidente que para se conseguir aderência entre os trajetos rastreados e o real, com técnicas baseadas em frequência, existe a necessidade de taxas de atualização na ordem de segundos. Fica claro, portanto, que para conseguir um melhor resultado sem, contudo, abusar em transmissão,

armazenamento e gerenciamento de dados de posição, há a necessidade de desenvolvimento de uma nova abordagem em transmissão de dados.

d) Algoritmo desenvolvido

Pode-se observar na bibliografia consultada que o enfoque principal é dado aos métodos de posicionamento utilizados nos sistemas AVL. Porém, para a representação do trajeto, atentar apenas para a exatidão do método de posicionamento não é suficiente. É necessário também escolher o melhor momento para a transmissão da coordenada com o intuito de manter a geometria do trajeto o mais próximo do real.

Modelo de trajeto ideal

De acordo com os objetivos a serem atingidos nesta nova abordagem a representação ideal do trajeto de um objeto rastreado por um sistema AVL, dentro de uma área urbana, é aquele que contém a menor quantidade de atualizações de posicionamento e que represente quais vias foram percorridas conforme elucidado na figura 59.

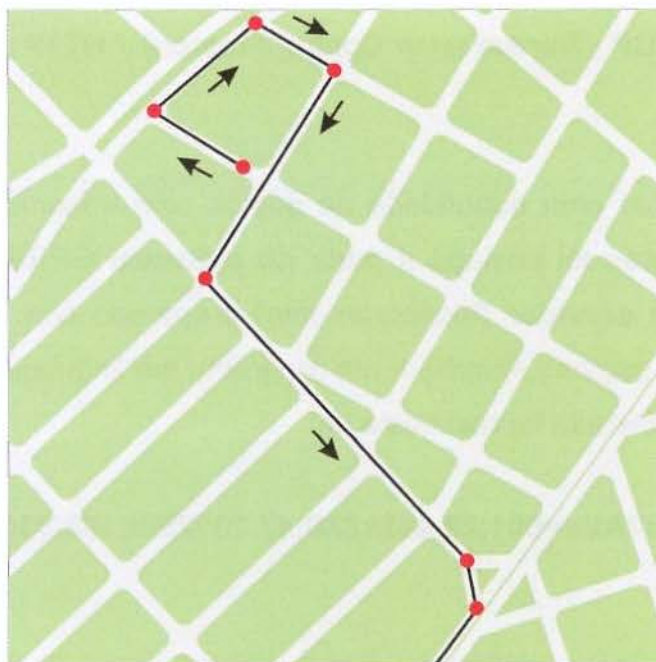


Figura 59. - Representação "Ideal" do trajeto rastreado.

Apenas ajustar a taxa de atualização é uma alternativa para melhorar o trajeto. Contudo, situações como velocidades diferentes, mudanças bruscas de direção podem afetar o trajeto. A tabela 7 mostra a comparação do modelo ideal com as duas situações testadas (com taxas de atualização a cada 2 seg. e a cada 60 seg.).

Tabela 7. - Quantidade de atualizações

MÉTODO	ATUALIZAÇÕES	REPRESENTAÇÃO
Por tempo (2 segundos)	71	Satisfatório
Por tempo (60 segundos)	3	Deficiente
"Trajeto Ideal" da figura 59	7	Satisfatório

Utilizando um sistema de comunicação GSM/GPRS com uma operadora de telefonia móvel, no estado de São Paulo, o custo de transmissão de dados é de R\$ 5,99 reais o megabyte transferido, com promoções progressivas conforme quantidade utilizada (TIM, 2006).

Apesar dos dados transmitidos por um rastreador AVL normalmente conter poucos *bytes* (Latitude, Longitude, direção, horário, etc.) uma transmissão de dados precisa ser feita através de pacotes de dados com seus referentes protocolos IP (*Internet Protocol*) / TCP (*Transmission Control Protocol*) / HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*).

Para se estimar uma quantidade de gastos com transmissão de dados, uma seqüência de caracteres foi enviada a partir do protocolo GPRS da **unidade móvel** (Rastreador) para um **servidor** (Monitoramento) preparado com sistema operacional Linux, um servidor de páginas Apache e um programa em linguagem PHP para receber informações. A *string* testada foi composta de:

GET /gps.php?AVL=001;22.442123S;47.20123W;180;030306;083031

Onde:

001 – Código do veículo rastreado;
22.44212S – Latitude;
47.20123W – Longitude;
180 – Direções (azimute) em graus em relação ao norte verdadeiro;
030306 – Data;
083031 – Hora.

Através de um programa *sniffer* (ferramenta de computador que monitora o tráfego de dados de uma rede) é possível calcular a quantidade de bytes necessários para transmissão da atualização de posição (MCCLURE *et al.*, 2000). O programa utilizado para este teste foi o *Colasoft Capsa 5.0 Enterprise Edition Demo* disponível no site: <<http://www.colasoft.com>>. Com este programa foi possível o isolamento do pacote completo (HTTP/UDP/IP/GPRS) enviado e sua resposta totalizando 493 bytes por atualização. Através deste resultado foi possível estimar custos mensais de transmissão de dados em diferentes taxas de atualização conforme mostrado na tabela 8. É importante salientar, que a transmissão de dados é apenas um dos custos envolvidos em sistemas AVL, e pode interferir de maneira expressiva se não for bem avaliada.

Tabela 8. - Estimativa de custos mensais com transmissão de dados GPRS

MÉTODO	ATUALIZAÇÕES	QTD. MB	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL/MÊS
Por tempo (2 segundos)	1.296.000	609.33	R\$ 4,20	R\$ 2.559,17
Por tempo (15 segundos)	172.800	81.24	R\$ 4,20	R\$ 341,00
Por tempo (60 segundos)	43.200	20.27	R\$ 4,40	R\$ 89,19

Apesar da sequência de caracteres enviados conter apenas 59 bytes, o tamanho do pacote de transmissão é muito maior (493 bytes), pois contém outras informações para respeitar os protocolos GPRS/IP/TCP/HTTP. De posse desta informação, fica claro que o envio de várias atualizações de uma única vez é algo a ser considerado, e se possível incorporado.

Primeira abordagem – Variação de frequência em função da velocidade

Considerando um veículo estacionado no pátio de uma empresa sendo rastreado a cada 10 segundos, após 48 horas serão efetuadas 17.280 atualizações. Se todas as posições são redundantes, não existe a necessidade de atualizá-las com uma taxa de 10 segundos. Cabe destacar que em um receptor GPS, normalmente compatível com NMEA 0183 (*National Marine Electronics Association*) (NMEA, 2002), é possível extrair além do posicionamento, a direção, a velocidade, a qualidade do posicionamento (DOP), o dia e a hora. E com estas informações, pode-se decidir se os dados devem ou não ser enviados. Assim, foi possível desenvolver um algoritmo para implementação na unidade móvel que trabalha em diferentes taxas de atualização em função da velocidade do veículo, apurada pelo GPS.

Com esta abordagem é possível reduzir significativamente o tráfego de dados, evitando principalmente atualizações quando o veículo estiver parado. É importante salientar que não seria interessante a ausência total de atualizações com o veículo parado. Isto, porque sistemas AVL não são utilizados apenas para o monitoramento da posição (GILLEN *et al.*, 2000), mas também para verificar o estado do veículo, questões de segurança, logística, checagem de funcionamento do sistema, etc..

Apesar de simples e funcional, esta abordagem ainda está fora do objetivo principal que é uma tentativa de se aproximar da representação do trajeto ideal, com o menor número de nós possíveis.

Abordagem Final – Atualização em função da direção

Na representação “Ideal” do trajeto pode-se observar a existência de vértices somente em mudanças significativas de direção. Portanto, devem-se modelar soluções que permitam a implementação de algoritmos que usem, por exemplo, a informação da direção. Neste trabalho as soluções baseadas em informações, que vão além da simples taxa de atualização, serão denominadas soluções RAI - (Regra de Atualização Inteligente).

Com o protocolo NMEA é possível verificar azimuth do objeto rastreado em relação ao norte verdadeiro, e com isso torna-se possível calcular a diferença da direção a cada instante pelo cálculo do diferencial, permitindo verificar pontos em que a mudança de sentido se torna evidente, como mostrado na figura 60, na qual a mudança de direção pode ser um valor de -180 até 180, e os valores negativos representam deflexões à esquerda e os positivos à direita.

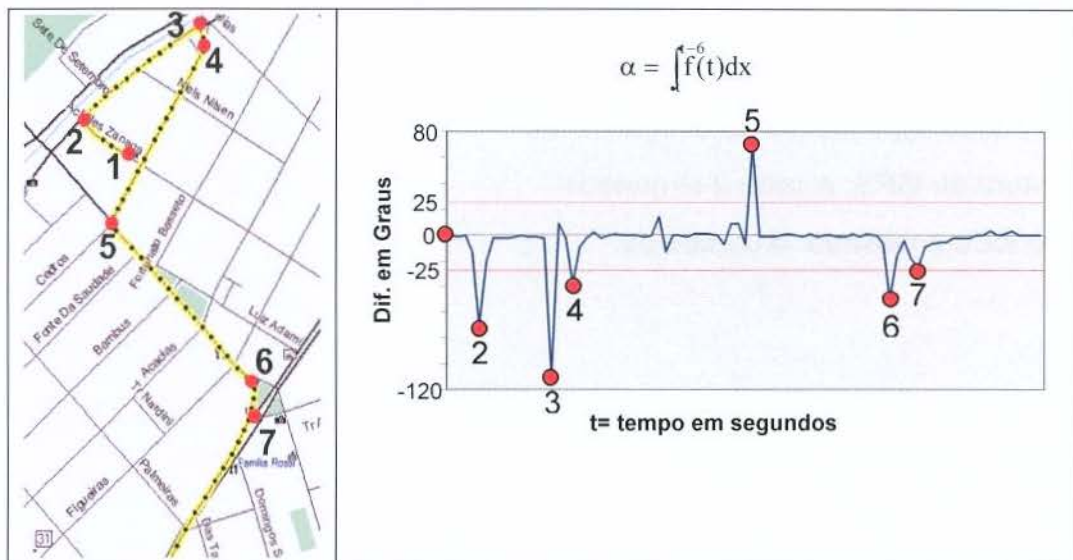


Figura 60. - Objeto rastreado e a função para detecção do momento da atualização.

Na esquerda da figura 60, é mostrado um mapa com um trajeto rastreado representado por uma linha na cor amarela, com taxa de leitura do receptor GPS a cada 2 segundos, representados em pontos pretos. Em vermelho é mostrado o momento em que a função da diferença de direção é maior que 25° conforme pode ser observado no gráfico à direita.

O simples fato de mudar a direção não é o suficiente para determinar o momento ideal para atualização da posição, pois devem ser levadas em consideração as seguintes situações:

- A partir de qual valor de diferença de direção deve-se considerar uma mudança significativa;
- Em uma única curva podem existir várias mudanças de direção;
- Qual a distância ou tempo mínimo para criação de pontos.

Modelagem do algoritmo

Para o desenvolvimento desta versão foram arbitrados alguns valores que poderão ser reajustados de acordo com a aplicação. Como, por exemplo, as características da frota e as particularidades da cidade. Melhores definições destes valores poderão ser determinadas a partir de estudos e análises de trabalhos futuros. Entre estas definições estão:

- variação significativa de direção: $> 25^\circ$;
- leitura do GPS: a cada 2 segundos;
- período analisado: 6 segundos.

Variáveis:

GPS_VEL – Velocidade apurada no GPS

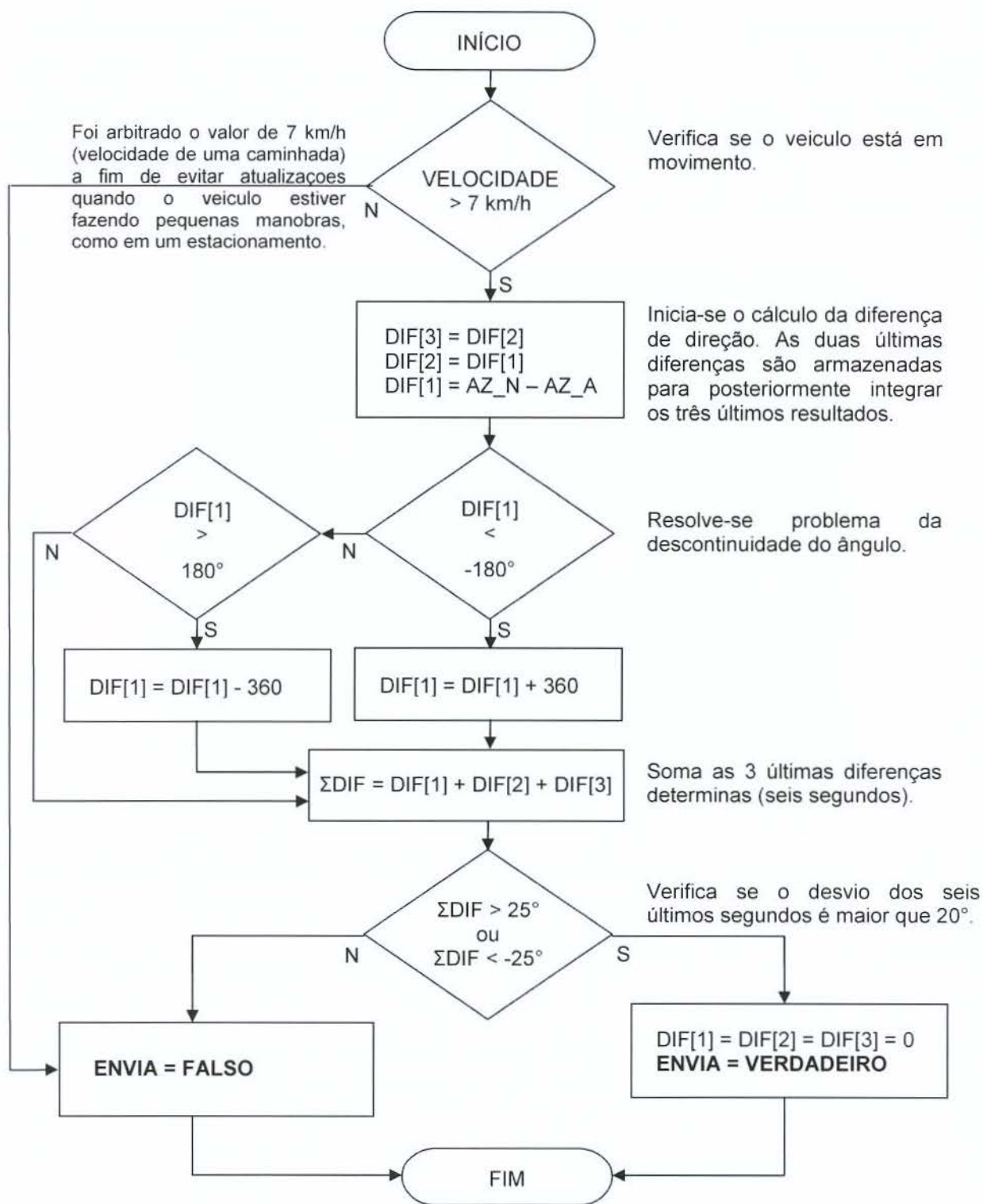
GPS_TIME – Hora do GPS

AZ_A – Azimute Anterior

AZ_N – Azimute Novo

DIF [1..3] – Matriz da Diferença de direção (considerando valores negativos à esquerda e positivos à direita)

O algoritmo proposto no fluxograma 1 deve ser executado a cada 2 segundos. Quando o valor da variável ENVIA for “verdadeiro” atualiza-se a posição na central de monitoramento. Para efeito de segurança é importante atualizar a posição quando, por algum motivo, o receptor GPS interromper o funcionamento. Existe também a possibilidade de problemas com o funcionamento da unidade móvel, portanto, mesmo que o objeto rastreado esteja parado, deve-se enviar a informação de seu estado para a central de controle, porém em um tempo muito mais espaçado. O sistema de comunicação pode deixar de funcionar por algum tempo, neste caso há necessidade de se armazenar as posições que não puderam ser atualizadas na memória da unidade móvel e, assim que possível, enviá-las automaticamente.



Fluxograma 1 – Exemplo de algoritmo para detecção do momento da deflexão.

Após a codificação e instalação do programa com a RAI na placa foi possível verificar que o sistema gera rotas que possuem aderência aos trajetos reais efetuados pelo veículo. Contudo, apresentou problema em algumas condições, devido à falta de preocupação no primeiro algoritmo em relação às mudanças suaves de direção. Este problema pode ser observado na figura 61.

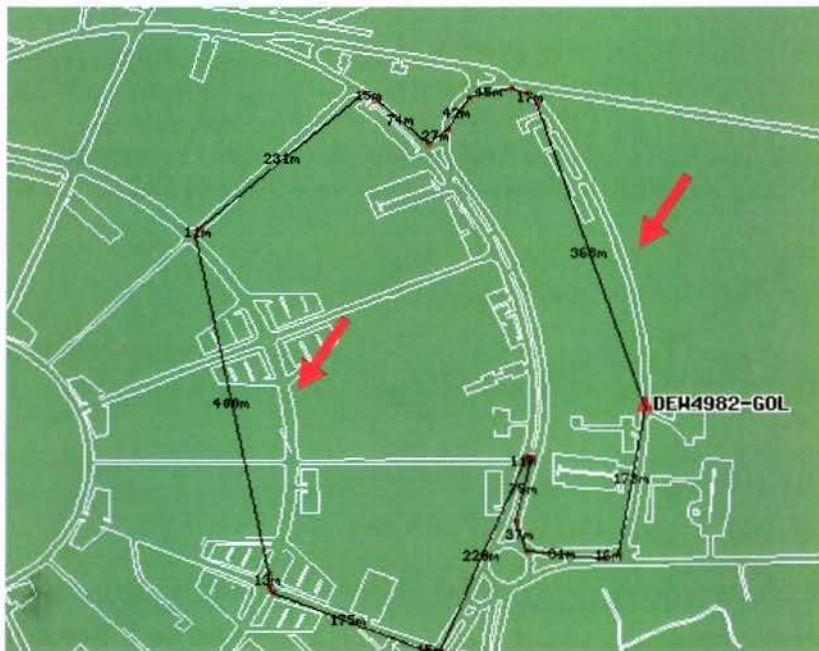


Figura 61. - Problema apresentado no Algoritmo de detecção de deflexão.

Fica claro que considerar apenas as mudanças de direção bruscas, não é o suficiente, por isso, deve-se criar outro algoritmo que complemente o anterior apresentado para solucionar o problema. A abordagem desenvolvida para resolver a situações com as curvas longas de grande raio, procura utilizar das informações recebidas do GPS a fim de evitar a instalação de sensores que podem aumentar a complexidade e o custo da unidade móvel dificultando a instalação em larga escala.

A solução encontrada foi de enviar uma nova atualização quando a estimativa de erro de um desvio projetado ultrapassar um determinado valor, conforme mostra na figura 62.



Figura 62. - Solução para curvas longas e extensas.

Para estimar o momento em que este desvio ultrapassa o valor máximo foi necessário o armazenamento da posição e da direção do último ponto enviado. A partir destes valores é calculada, a cada 2 segundos, a distância da posição atual até o último ponto enviado. Esta distância permite o cálculo do **desvio máximo** para ser comparado com a **somatória da diferença de direção** no intervalo do último ponto enviado até o presente momento.

$$\text{Desvio máximo} = \text{arco tangente} (\text{erro máximo}/\text{distância})$$

O valor arbitrado para este erro máximo é de 40 metros e foi escolhido em função de ser aproximadamente $\frac{1}{4}$ de uma quadra muito comum no interior do estado de São Paulo. É importante lembrar que o objetivo deste algoritmo não é somente representar de forma precisa um trajeto, mas também se deve evitar o excesso de atualizações.

Para o cálculo da distância entre último posicionamento e o atual foi utilizada uma fórmula que apresenta um resultado aproximado com o objetivo de agilizar o processamento. Esta distância aproximada, somente será utilizada para na decisão do momento da atualização e não afeta a exatidão do sistema de posicionamento.

Fórmula utilizada:

$$DIST = \frac{40030 \cdot \alpha}{360} \cdot 1000 \quad 3.11$$

Onde:

$$\alpha = a \cos(\cos(\text{arco_}\varphi') \cdot \cos(\text{arco_}\varphi) + \sin(\text{arco_}\varphi') \cdot \sin(\text{arco_}\varphi) \cdot \cos(\text{arco_}\lambda)) \quad 3.12$$

$$\text{arco_}\varphi' = 90 - \varphi'$$

$$\text{arco_}\varphi = 90 - \varphi$$

$$\text{arco_}\lambda = \lambda' - \lambda$$

Notação:

α - Arco entre a posição atual e a última posição atualizada

φ - Latitude atual do rastreador (LAT)

λ - Longitude atual do rastreador (LON)

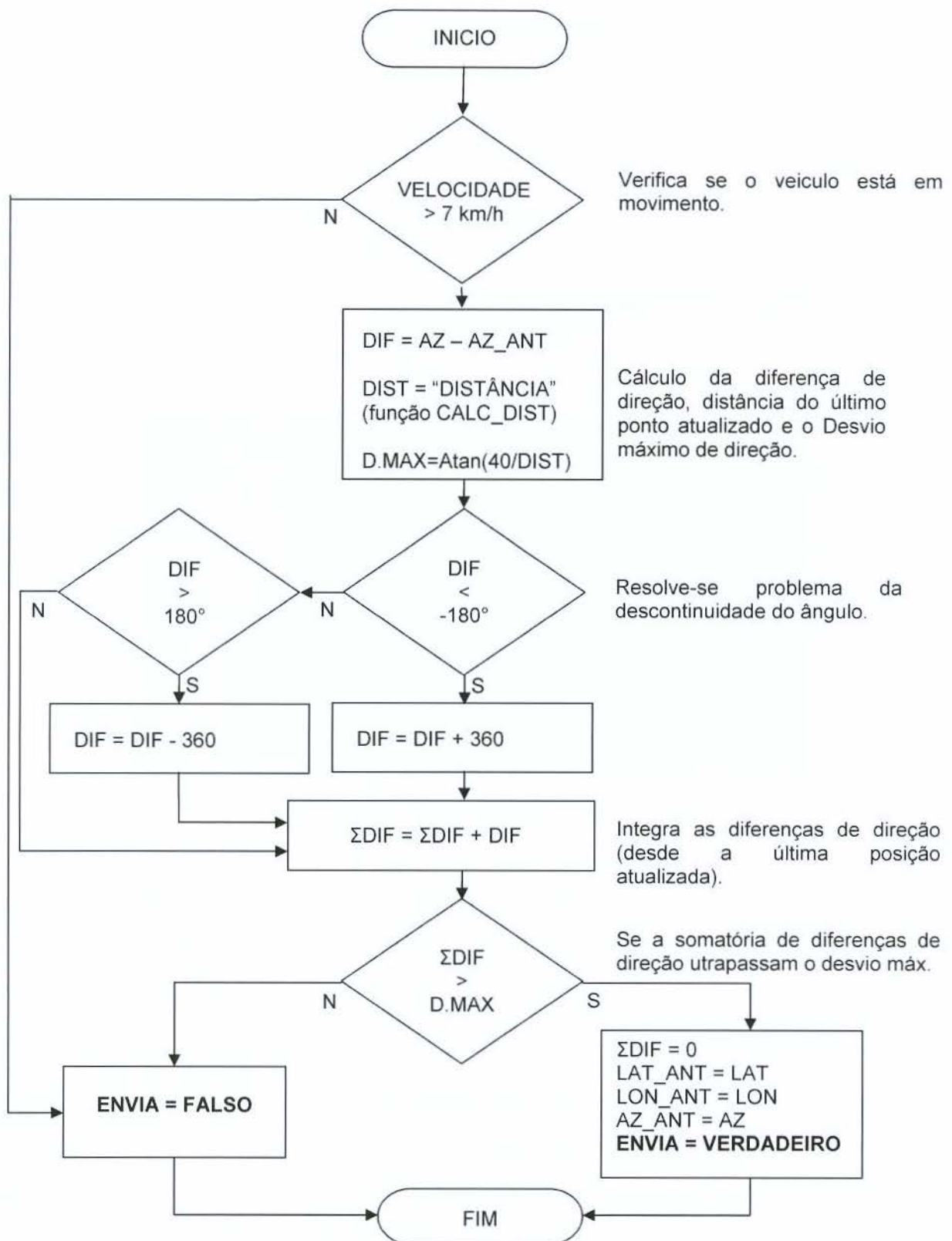
φ' - Última Latitude atualizada pelo rastreador (LAT_ANT)

λ' - Última Longitude atualizada pelo rastreador (LON_ANT)

40030 - $2 \cdot \pi$ (Raio aproximado da terra)

1000 - Para unidade em metros

A partir desta fórmula foi criada uma função que tem como resposta a distância que será chamada do algoritmo de detecção de curvas suaves.



Fluxograma 2 - Exemplo de algoritmo para detecção de pontos em curva de longas e suaves.

O fluxograma 2 mostra a solução para o problema em curvas longas e suaves e deve ser executada sempre que o fluxograma 1 retornar envia = "FALSO". O resultado da combinação das duas técnicas pode ser observado na figura 63.



Figura 63. - Resultado da combinação dos dois fluxogramas.

Como observado anteriormente, é interessante o envio de várias atualizações de uma única vez. Assim uma variação deste algoritmo pode ser desenvolvida levando-se em consideração o problema levantado sobre o tamanho dos pacotes, e em função dos protocolos da internet.

Baseado nisto basta efetuar uma alteração no algoritmo apresentado no qual, em vez de se atualizar a posição instantaneamente, deve-se primeiro armazená-la em uma pilha e, depois transmitir os dados em uma frequência pré-determinada (por exemplo, a cada 2 minutos, o sistema deve enviar para a central de monitoramento todas as posições armazenadas de uma única vez).

O objetivo deste trabalho não é apresentar o melhor algoritmo para atualização de posicionamento de sistemas AVL. A solução apresentada é apenas uma sugestão dentre muitas combinações possíveis, porém fica claro a necessidade de abordagens inteligentes baseadas no deslocamento do objeto rastreado a fim de se ter uma melhor representação dos trajetos rastreados sem excesso de atualizações de posição. Esta melhoria de representação do trajeto poderá criar novas aplicações de sistemas AVL que dependem de informações mais precisas.

3.3.4.6. Criação da ferramenta de monitoramento

Para finalizar o desenvolvimento da Versão 4 do experimento, foi criado um sistema básico de monitoramento utilizando o *Mapserver*. Neste desenvolvimento está contida a compilação de cartas vetoriais de vários formatos, imagens *raster*, bancos de dados e a base cartográfica digital. Uma vez montada todo o banco de dados SIG, foi possível desenvolver soluções como consultas espaciais e temporais necessárias para sistemas AVL.

a) Escolha do *Mapserver*

Uma fase importante na implantação de sistemas de informação geográfica é a definição das tecnologias que serão adotadas tanto no que se refere ao *hardware* e *software*. Com a crescente adição dos produtos oferecidos e também com o grande desenvolvimento tecnológico, cria-se uma necessidade constante de atualização e conhecimento das novas tecnologias. É importante conhecer não só os benefícios como também seus custos de implantação, personalização e manutenção. Neste trabalho

optou-se pela utilização do Mapserver, por ser um “*software* livre” e por permitir o desenvolvimento de soluções SIG na internet.

O *Mapserver* é uma ferramenta para desenvolvimento, elaborada de acordo com as especificações *Open GIS Consortium* (OGC) para construção de soluções espaciais para internet. É um dos componentes de um SIG, pois depende de outros aplicativos para, por exemplo, editar dados vetoriais ou imagens *raster*. É indicado para disponibilização e apresentação de dados espaciais (mapas, imagens e dados vetoriais) para *Web*. Foi desenvolvido inicialmente no projeto *ForNet* da Universidade de Minnesota (UMN) em conjunto com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e o Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR) com Código Aberto (GLP). Atualmente, o *Mapserver* é mantido pelo projeto TerraSIP (LIME, 2006).

Para Uchoa e Ferreira (2004), o *Mapserver* pode ser definido popularmente como “Servidor de mapas”, pois é uma das principais aplicações de código aberto para área de geotecnologias. Também afirmam que, apesar de gratuito, supera os *softwares* similares vendidos no mercado no que se refere a flexibilidade e ao desenvolvimento de SIG para *Web*.

Com o *Mapserver* é possível a visualização dos dados do SIG, bem como a criação de imagens de mapas geográficos ou temáticos. Entre suas principais vantagens destaca-se o desempenho na apresentação de resultados, compatibilidade com várias outras bibliotecas de programação, além da sua alta capacidade de personalização. Apesar de gerar resultados de fácil utilização para os usuários finais, a elaboração de soluções depende de cultura de programação, bem como, um conhecimento mínimo de configuração e publicação de *home pages* para internet.

Outra característica interessante é o fato de ser multiplataforma, e isso porque é compatível com sistemas operacionais como: Linux, Windows, Mac OS X, Solaris, etc., possibilitando desta forma a flexibilidade de instalação em qualquer sistema operacional. Sua utilização pode ser combinada com as mais variadas tecnologias de desenvolvimento, bibliotecas de programação, Sistemas de Gerenciamento de Banco

de Dados²² (SGBD), Linguagens de programação (Perl, PHP, C#, Java), Biblioteca GDAL/OGR (*Geospatial Data Abstraction Library*), Proj.4 (Biblioteca de Projeções e Transformações de coordenadas).

Quanto às particularidades, o *mapserver* permite:

- Geração de imagens:
 - Desenho de camadas e execução de aplicativos dependentes de escala;
 - Rotulação de camadas, incluindo mediação de colisão de rótulos;
 - Saída direcionada por modelos, altamente personalizável;
 - Fontes TrueType;
 - Automação de elementos de mapas (escala, mapa de referência e legenda);
 - Mapeamento temático usando classes baseadas em expressões lógicas ou expressões regulares.
- Uso de ambientes de desenvolvimento e linguagens de script populares:
 - PHP, Python, Perl, Ruby, Java, e C#.
- Compatibilidade com múltiplos formatos matriciais e vetoriais:
 - TIFF/GeoTIFF, EPPL7, e vários outros através do GDAL;
 - *Shapefiles* ESRI, PostGIS, ESRI *ArcSDE*²³, *Oracle Spatial*, MySQL e muitos outros via OGR;
 - Especificações *Web* do *Open GIS Consortium* (OGC);
 - *Web Map Service* - WMS (cliente/servidor), *Web Feature Service* (WFS) não transacional (cliente/servidor), WMC, e WCS.
- Suporte para mais de 1000 projeções de mapas em tempo real através da biblioteca Proj.4.

²² **Banco de Dados** - Coleção de dados relacionados logicamente que organizam informações. Normalmente é mantido e acessado por meio de um SGBD.

²³ **ArcSDE** - Programa componente da família *ArcGIS* da empresa ESRI.

Princípio de funcionamento do Mapserver

De uma requisição feita pela Web por um usuário é executado um *mapscript*²⁴ que gera uma imagem utilizando-se do MapServer a partir de dados armazenados em arquivos (de diversos formatos vetoriais e *raster*) e bancos de dados. Na figura 64 é mostrado a arquitetura do funcionamento do *mapscript*.

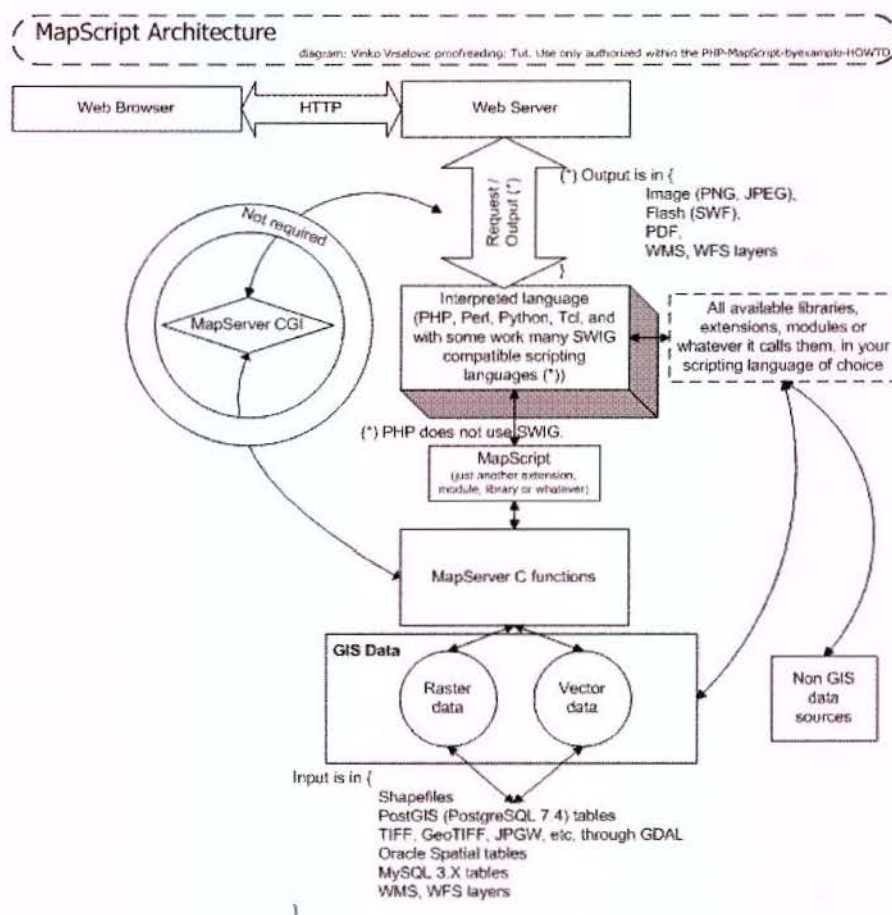


Figura 64. - Arquitetura do Funcionamento do *mapscript* do Mapserver

Fonte: (MCKENNA, 2005)

²⁴ **Script**: trecho de programa dentro de uma página de internet (HTML) / *Mapscript*: trecho de programa "tipo *mapserver*" dentro de uma página de internet

b) Outros *softwares* para o funcionamento do *Mapserver*

Para o sistema operacional foi escolhido Linux (Fedora 4), que apesar de ser gratuito, também tem custos devido a sua configuração e administração, muitas vezes mais complexa, que por isso depende de mais horas de técnico qualificado. Apesar disso, o custo total de operações dos sistemas com Linux são normalmente 40% inferior ao do Windows de acordo com estudo realizado pela consultoria *Robert Frances Group* (RFG), patrocinado pela *International Business Machines Corporation* - IBM (COMPUTERWORLD, 2005).

Como o funcionamento do *Mapserver* é baseado em soluções para *Web*, é necessário a instalação de um servidor de páginas de internet. Neste estudo optou-se pelo Apache, uma vez que é muito utilizado para soluções Linux e também um é “*software livre*”.

A definição do sistema de gerenciamento de banco de dados é uma das etapas fundamentais para o desempenho de um SIG. Entre os produtos existentes no mercado como o Oracle, Oracle *Spatial*, MySQL, PostgreSQL+PostGIS compatíveis com o *Mapserver*, foi escolhido o PostgreSQL por ser um: SGBD robusto para grandes quantidades de informações se comparado com o MySQL, além de ser “um *software Livre*” (grande vantagem em relação ao Oracle no que se refere aos custos). Outro fato importante é a possibilidade de combinação de soluções espaciais através do pacote PostGIS. Algumas comparações entre os sistemas de gerenciamento de banco de dados SIG podem ser observadas no trabalho de Melo e Guerra, 2006.

Em conjunto com o *Mapserver*, é necessário também a instalação de bibliotecas²⁵ com os recursos que serão utilizados no projeto. Para utilização de dados SIG do tipo vetorial, é obrigatória a biblioteca OGR e para dados “*raster*”, a GDAL.

²⁵ **Bibliotecas** – Rotinas prontas de computador para serem utilizados no desenvolvimento e execução de outros.

Entre as opções linguagens de programação compatíveis com o *Mapserver* foi escolhido o PHP devido a sua compatibilidade com o servidor de *home page* Apache.

No experimento, a instalação do *Mapserver* foi demorada, pois foi necessário fazer *download*²⁶ de todos os componentes em diferentes *sites*, para posterior instalação. Outro ponto que dificultou a instalação foi o fato de que muitos dos componentes são fontes de programas de código aberto ainda não compilados. Além de tudo, o maior dos problemas é que vários componentes possuem muitas versões disponíveis, e que nem todas as combinações são compatíveis. No final, foram necessários 14 dias para a instalação e teste da primeira versão do sistema de monitoramento feito com o *Mapserver*.

c) Banco de dados / Base cartográfica

A base de dados espacial teve como origem uma compilação de várias cartas com diferentes projeções. Devido a isso foi necessária a normalização para um único sistema de coordenadas com o objetivo de serem compatíveis entre si. Foi adotado o sistema de coordenadas geodésico WGS 84.

Dados Espaciais:

- As divisas de estados e cidades foram extraídas do *site* do IBGE (originárias de cartas de pequena escala), as quais estavam no sistema geodésico, Datum de Chua MG, Elipsoide SAD 69, no formato *shape file* da ESRI. Estes arquivos foram importados para o AutoCAD *Map*, visando transformá-los de SAD 69 para WGS 84 e a exportação para o formato ".DGN" (*MicroStation*). Os nomes das cidades e suas respectivas

²⁶ **Download** – Transferir arquivo de um servidor para um micro local através da internet.

coordenadas foram exportados para arquivo texto, no formato *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII).

- Os nomes das cidades bem como seus posicionamentos foram importados do arquivo texto (ASCII) para tabela modelada dentro do SGBD (PostgreSQL + PostGIS). No anexo V é apresentado um exemplo de como isso foi feito (RAMSEY, 2006).

- As rodovias estaduais e federais foram obtidas de material disponível na internet do grupo *Tracksource*²⁷ em formato “.IMG”, convertidos pelo *software Mapdecode* para o formato “.DBX” do *software GPS Trackmaker* e posteriormente exportados para o formato “.SHP” da empresa de soluções SIG ESRI.

- O arruamento da cidade de Americana teve como origem o mapa digital compilado de várias escalas (de 1:1000 até 1:10.000) pela Emplasa (mapa da região metropolitana) no formato “.DWG” (AutoCad). O mesmo esta no sistema de coordenadas UTM Fuso 23 Datum de Córrego Alegre. Assim foi necessária a transformação do mesmo em arquivos do tipo “.SHP” *shape file* com coordenadas referidas ao sistema WGS 84, com o *software AutoCad Map* da AutoDesk.

- Arruamento da Unicamp foi obtido através do levantamento aerofotogramétrico feito pela empresa Multispectral, restituído na escala 1:2000 no sistema de coordenadas UTM fuso 23 SAD 69 no formato (.DWG) AutoCAD e transformados para o formato (.SHP) da ESRI, e para o sistema WGS 84.

- As ortofotos da UNICAMP formato GeoTIFF (*raster* georeferenciada) foram adquiridas junto com o material fornecido pela empresa Multispectral.

²⁷ *Tracksource* - Grupo que coleta voluntariamente eixos de estradas com GPS de navegação e disponibilizam na internet, para posterior instalação em receptores de navegação da marca GARMIN.

Criação do arquivo de configuração do Mapserver para monitoramento:

Para disponibilizar os mapas pelo *Mapserver* é necessária a criação de arquivo para computador em formato texto com as configurações e localizações dos dados espaciais. Este arquivo é chamado *mapfile* e a documentação de como criar este arquivo pode ser encontrando no site <<http://mapserver.gis.umn.edu>>. Este arquivo pode ser também criado automaticamente pelo programa “visualizador” de dados espaciais, chamado Quantum GIS, e disponível no site: <<http://qgis.org/>>. O arquivo criado para o experimento pode ser observado no anexo VI.

Criação do *Mapscript*

Com objetivo de se criar uma interface amigável com o usuário foi elaborado um arquivo *mapscript*, em linguagem PHP, que gera como resultado uma página HTML. Esta página Web pode ser um dos meios de acesso aos dados do SIG permitindo inclusive a criação de consultas (*query*). Na figura 65 pode ser observado a página gerada a partir do primeiro *mapscript* desenvolvido para o experimento. No anexo VII é apresentado um exemplo *mapscript* para solução AVL.

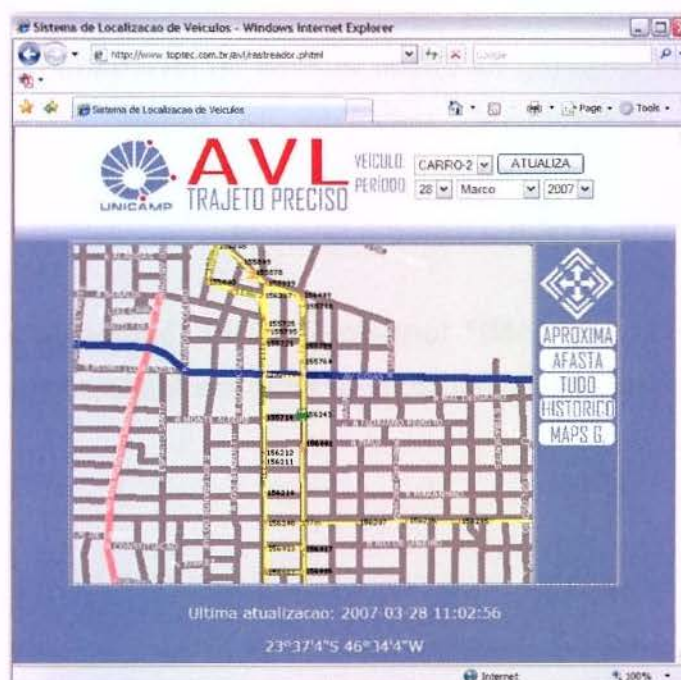


Figura 65. - Página HTML criada pelo *mapscrit* (ex: pesquisa temporal)

Para o funcionamento da ferramenta de monitoramento, é necessário alimentar o SIG com as informações dos veículos, onde para isso, foi necessária a modelagem do banco de dados espacial das informações dos veículos. Foi necessária também a criação da *stored procedure* dentro do PostgreSQL para atualização do posicionamento dos veículos, geração de histórico e traçado das rotas que é executado pelo aplicativo em PHP (ver anexo VIII) que fica no servidor à espera das informações enviadas pelos rastreadores via internet.

Com o desenvolvimento foi possível perceber a possibilidade real de criação de soluções para *Web* com “*software* livre”, além de que o *Mapserver* é um instrumento viável, oferecendo grande flexibilidade e produtividade na criação de soluções SIG, porém, para explorar toda sua potencialidade são necessários: conhecimento e treinamento.

Apesar de não ser um “SIG completo” o Mapserver combinado com outras soluções, pode competir com pacotes comerciais, superando-os em muitos aspectos e oferecendo uma excelente relação custo/benefício.

3.3.4.7. Verificação da base cartográfica utilizada no experimento

Nos primeiros resultados da representação do trajeto rastreado pelo sistema desenvolvido, foi observado um problema de precisão conforme mostrado na figura 66. Em um primeiro momento imaginou-se que o problema estava no sistema de posicionamento da versão desenvolvida.

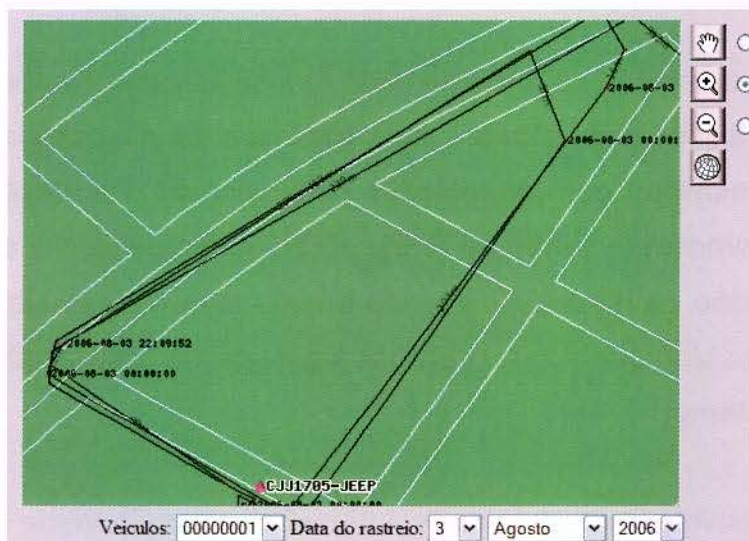


Figura 66. - Problema: Representação de trajetos aparentemente deslocados.

Em um segundo momento pensou-se na possibilidade de baixa exatidão do mapeamento utilizado. Por isso, com o objetivo de isolar o problema, foi escolhida uma região de Americana onde se efetuou um levantamento topográfico dos limites do arruamento através de medição direta.

A metodologia de levantamento foi:

Levantamento com receptor GPS de precisão Trimble Geo XM com correção diferencial e cálculo dos vetores com auxílio do *software GPS Pathfinder Office 2.6*. A partir desta região levantada foi feita uma comparação com a cartografia fornecida pela Emplasa através da combinação dos dois arquivos (em AutoCAD), conforme mostrado na figura 67.

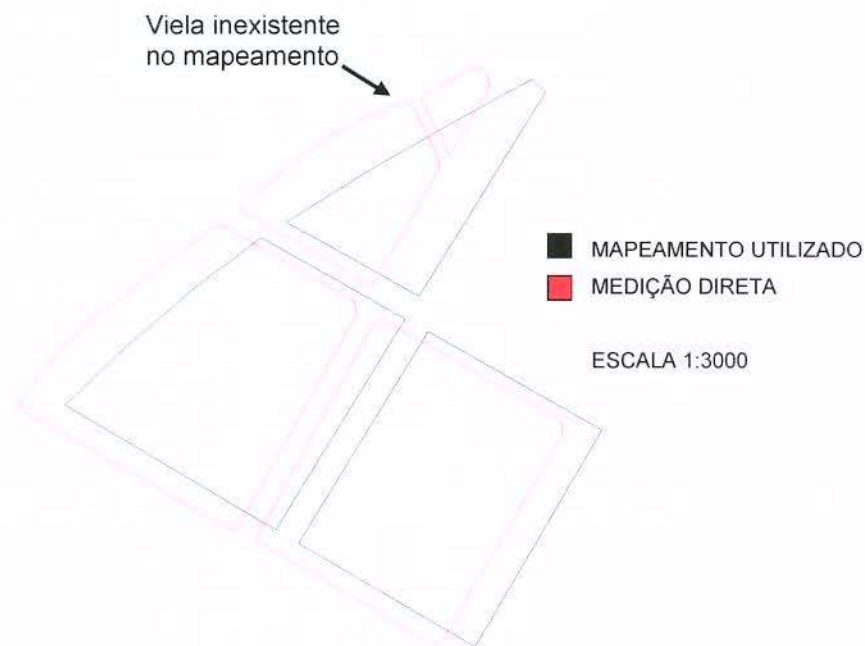


Figura 67. - Comparação do mapeamento utilizado com a medição direta.

A partir deste resultado pode-se concluir, que a base cartográfica tem um deslocamento e uma rotação em relação à medição direta, e que aparentemente o problema abordado não está no sistema de posicionamento do rastreador. Existe um erro no posicionamento de aproximadamente 20 metros que pode até ser um conflito de Datum na carta definida pela prefeitura como Córrego Alegre. Além da falta de exatidão, nota-se também que algumas feições não foram representadas, como por exemplo, a via (figura 67). Como o objetivo deste trabalho é melhorar a representação dos trajetos, é importante salientar que sistemas AVL mais precisos dependem de acurácia das bases cartográfica.

3.3.4.8. Funcionamento

Até o presente momento (28/01/2007), o sistema desenvolvido foi testado por quatro meses, no qual foram instalados três rastreadores (unidades móveis). Neste

período, em vários momentos, foi necessário alteração de muitos detalhes com o objetivo de melhorar a qualidade, depurar erros e aumentar a confiabilidade do sistema.

Dois dos rastreadores foram instalados em veículos de propriedade empresarial e um terceiro de propriedade de pessoa física. A característica da utilização dos veículos de propriedade empresarial está na intensa utilização durante o período comercial enquanto o veículo pessoal é utilizado nos mais variados horários, inclusive nos fins de semana.

Após o monitoramento destes três meses, foi possível medir alguns números como:

- Os veículos comerciais atualizam seu posicionamento aproximadamente 750 vezes por dia, nos horários comerciais. Contudo, em fins de semana e feriados, praticamente não existem atualizações.
- O veículo pessoal atualiza seu posicionamento em uma média de 400 vezes por dia, com grande variação entre os dias.

A quantidade de atualizações não é equivalente ao número de transmissões de dados, pois, em muitos momentos, são feitas várias atualizações de uma única vez. Mesmo desconsiderando este fato, a quantidade de dados trafegados seria de aproximadamente 8,46 megabytes por mês, que se comparado com um sistema convencional (taxa fixa de atualização) que atualize posição a cada 1 minuto (20,27 MB/mês) teria uma economia no tráfego de dados de 58%. Esta diferença seria equivalente a R\$ 52,00, contudo, as operadoras de telefonia de celular vendem o serviço de dados com planos diferenciados, pacote mínimo de dados e custos por megabytes decrescentes em função do volume trafegado, ficando difícil a quantificação da economia feita em valores monetários.

Nos sistemas AVL, um dos fatores que mais influenciam o custo operacional está no sistema de comunicação.

Para efeito de comparação é mostrada na figura 72 com cor azul, a linha que representa o trajeto rastreado por um veículo sem a Regra de Atualização Inteligente.



Figura 72. - Sistema de rastreamento sem regra de atualização inteligente (RAI)

Fonte: (<<http://www.traceme.tv/Demo>>, visitado em 30 de janeiro de 2007)

3.3.4.9. Relevância da versão 4

Esta versão enquadra-se dentro das expectativas deste trabalho, pois:

- possui técnica de atualização inteligente que contribui para uma melhor representação dos trajetos rastreados;
- utiliza sistema de comunicação de dados GSM/GPRS e transmite baixa quantidade de dados, reduzindo custos;
- a central de monitoramento é funcional e utiliza-se de *software* livre;
- a unidade embarcada possui um tamanho reduzido.

4. DISCUSSÃO / CONCLUSÕES

4.1. Sobre o desenvolvimento do Sistema AVL

Com este trabalho, comprova-se que o desenvolvimento de sistemas AVL é algo complexo, principalmente porque é composto de vários outros subsistemas e que depende de conhecimento multidisciplinar (Processamento de Dados, Cartografia, Geodésia, Eletrônica, Telecomunicações, etc.).

Entre as versões desenvolvidas, a primeira, denominada Laptop/Rádio, apesar de modesta, serviu para aprofundamento de conceitos básicos iniciais. A segunda versão, foi construída a partir de um projeto pronto e funcionou perfeitamente, porém, devido à sua simplicidade, não permitia uma evolução, criando a necessidade de uma nova abordagem para que fossem atingidos os objetivos deste trabalho.

A versão Palm/GPRS, foi a de desenvolvimento mais rápido de todas devido à utilização de *hardware* integrado e a facilidade de programação do *Visual Basic*. Esta terceira geração de desenvolvida mostrou-se muito eficiente, permitindo a primeira tentativa de criar um algoritmo inteligente para representar melhor o trajeto. Nesta versão também foi possível a integração com sistemas de informações geográficas e disponibilização de monitoramento utilizando a Internet. Outra característica interessante da terceira abordagem, está no fato em que o equipamento utilizado pode ser aproveitado para funcionar como um terminal móvel, podendo ser programado para atender às necessidades da aplicação em questão, pois o *hardware* utilizado dispõe de teclado e visor.

Foi somente na **versão 4 denominada de “AVL Trajeto Inteligente”** que foi possível se chegar a um desenvolvimento pleno de um sistema AVL. Nesta versão foi possível grande aprofundamento no conhecimento sobre componentes de um sistema

de localização de veículos, pois foi com esta última tentativa que foram alcançadas a meta de miniaturização, estabilidade, baixo custo de implantação e baixo custo operacional da unidade móvel. Com a versão 4 foi possível, também, o desenvolvimento de uma tecnologia de monitoramento completamente baseada em *software* livre.

O sistema “AVL Trajeto Inteligente” funcionou também como um laboratório permitindo a implementação de algoritmos e técnicas, com o objetivo de representar melhor um trajeto, evitando excessivas transmissões de dados.

Neste trabalho também foi verificada viabilidade na utilização de “*software* livre” em Sistemas de Informações Geográficas, possibilitando com isso o barateamento de soluções como o sistema AVL em função do custo economizado com licenças de programas. Uma opção muito interessante testada também foi a utilização de API (*Application Programming Interface*) que utiliza o banco de dados cartográfico da google disponível no sítio <http://www.google.com/apis/maps/>, visitado em jan de 2007, na qual este recurso pode viabilizar o monitoramento em áreas onde não existe a disponibilidade de mapas.

4.2. Melhoria na representação dos trajetos

Em paralelo ao desenvolvimento do *hardware* da versão 4, foi possível desenvolver uma abordagem para melhoria na representação de trajetos rastreados por meio de técnicas, que se preocupam com o momento ideal para atualização da posição.

Apesar da melhoria da aderência entre o trajeto real e o rastreado, não houve variação significativa na quantidade de atualizações, evitando, com isso, aumento com custos de comunicação e armazenamento de dados. A importância desta preocupação está no fato que os sistemas de comunicação influenciam significativamente no custo

operacional. Se comparado com a regra convencional com taxa fixa de atualização na ordem de 1 minuto, pode-se obter uma economia de aproximadamente 58% no volume de dados trafegados.

A representação mais apurada do trajeto poderá criar novas aplicações de sistemas AVL que dependem de maior precisão. Esta feição bem definida pode, por exemplo, ajudar na detecção de áreas onde o mapeamento é desatualizado, permitir análise de trajetos efetuados, pelos motoristas de uma frota, para posterior orientação com objetivo de otimização, etc.. Esta nova representação poderá proporcionar também, uma melhoria no controle de manutenção preventiva das frotas em função do conhecimento mais apurado da quilometragem percorrida por cada veículo.

5. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

5.1. Versão com correção diferencial do posicionamento

A correção diferencial é uma técnica não implementada neste trabalho que poderia contribuir na representação dos trajetos. Atua diretamente no sistema de posicionamento e é uma solução utilizada em muitas aplicações para melhoria da exatidão na aquisição de coordenadas.

Para que seja possível a correção diferencial é necessário uma estação base com coordenadas conhecidas, um receptor GPS e um sistema de comunicação que transmite as informações necessárias para os receptores GPS (*rovers*), que processam as informações recebidas e determinam o provável erro no posicionamento.

Receptores GPS de baixo custo (processamento por código C/A) normalmente não possuem um sistema de comunicação para a correção diferencial, e em alguns casos apenas processam informações de sistemas como o WAAS que não é disponível no Brasil. Por isso, para que a correção funcione, é necessário combinar o receptor com um rádio ou outro sistema de transmissão de dados.

Contudo, no sistema AVL existe um canal de comunicação utilizado para outros objetivos que pode ser aproveitado também para transmitir as informações necessárias para correção diferencial. Uma outra abordagem ainda mais interessante, seria de não transmitir a correção para todos os veículos e sim fazê-la direto no servidor que recebe as informações da estação base e corrige as coordenadas recebidas dos rastreadores antes de armazenar, conforme exemplificado na figura 73.

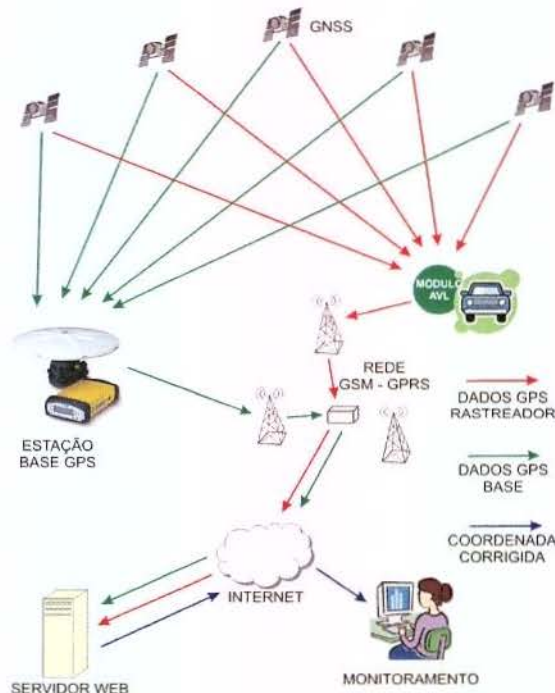


Figura 73. - Sugestão de correção diferencial para sistemas AVL.

Se a estação base for próxima do servidor o suficiente para ser conectada diretamente, pode-se ainda eliminar custos comunicação GPRS. Contudo, deve-se atentar para a distância entre os rastreadores e base de referência e, se necessário, instalar mais estações na região em que se pretende monitorar os veículos com mais precisão.

5.2. Versão com comunicação de dados via satélite

Não foi testada nem desenvolvida neste trabalho a comunicação de dados via satélite, pois o objetivo principal deste trabalho foi o de melhorar a representação de trajeto em áreas urbanas que possuem alternativas de transmissão mais interessantes.

Contudo, para se entender melhor o sistema AVL, seria importante, o conhecimento e a utilização das tecnologias envolvidas.

5.3. Versão com posicionamento via celular

Apesar de apresentado na revisão bibliográfica, não foi implementado nem testado nenhuma técnica de determinação de posicionamento baseado em tecnologia de celular. Mesmo que possua uma precisão inferior, se comparado aos sistemas baseados em satélites, quando combinados, pode melhorar a confiabilidade do AVL desenvolvido.

O *hardware* desenvolvido na versão 4 permite a aquisição de informações das antenas do sistema de telefonia utilizado através do comando AT+WLOC que fornece informações como medições de potência do sinal, Identificação das células, *Timing Advance*, etc. (WAVECOM, 2005).

5.4. Levantamento do mercado brasileiro de sistemas AVL

A revista Quatro Rodas (2005), publicou um artigo afirmando que sistemas de rastreamento apresentam soluções para coibir o roubo de carro. Porém, segundo o Centro de Experimentação e Segurança Viária - CESVI, 35% não funcionam corretamente.

Está claro a necessidade da padronização para testes e comparação entre os sistemas AVL disponíveis no mercado, contudo, não foi elaborado para evitar tornar

este trabalho muito extenso. Uma sugestão para se fazer futuramente é uma pesquisa através de um questionário padronizado a ser enviado para empresas que oferecem soluções AVL no Brasil.

Para se ter um conhecimento maior dos sistemas oferecidos pelo mercado brasileiro, seria interessante a elaboração de uma pesquisa. Este estudo poderia quantificar e comparar os sistemas oferecidos, bem como avaliar a metodologia de decisão do envio da posição.

De acordo com o método utilizado para escolher o momento ideal de atualização da posição na central de monitoramento, pode-se conseguir diferentes tipos de **aderência** do trajeto rastreado em relação ao real efetuado pelo veículo.

Os sistemas atuais baseiam-se em taxas de transmissão fixas. Contudo, a partir deste trabalho, os novos sistemas poderão classificar-se em:

- Reportagem mediante requisição;
- Frequência fixa (alta frequência): com intervalo menor ou igual a 30 segundos;
- Frequência fixa (média frequência): com intervalo entre 30 segundos e 5 minutos;
- Frequência fixa (baixa frequência): intervalos maiores de 5 minutos;
- Regra de Atualização Inteligente (baseada na velocidade);
- Regra de Atualização Inteligente (baseada na direção e velocidade);

No anexo IX é apresentado uma sugestão de questionário para pesquisa de mercado dos produtos oferecidos pelas empresas (ver Anexo X) que oferecem sistemas AVL.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, F. G. V. **Sistema de fiscalização de ônibus urbanos com uso da tecnologia GPS (Global Positioning System)**. Dissertação de Mestrado da Universidade Makenzie, 2000.
- ALVES, D. S. **Sistemas de Informação Geográfica**, *In* Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo, SP: EPUSP, 1990. p. 66-78.
- ALVES, Getulio S.; PAVAN, W.; FERNANDES, J. M. **Estrutura da rede celular: Um meio de acesso a Web**, Anais do V encontro de estudantes de informática do Tocantins. Palmas TO, 2003. p. 271-280.
- AMARANTE, R. R. **Project GEO – Programa para transformação entre coordenadas**, 2002. Disponível em: <<http://www.toptec.com.br/pup/projetgeo.zip>> acesso em: 30 abr. 2002.
- ANEFALOS, L. C. **Gerenciamento de frotas do transporte rodoviário de cargas utilizando sistemas de rastreamento por satélite**, Dissertação de Mestrado. Piracicaba: Esalq/USP, 1999. p 134.
- AUTOTRAC **Histórico da empresa Autotrac**. 2006. Disponível em: <http://www.autotrac.com.br/cgi-bin/PageSvr.dll/Get?id_sec=13>. Visitado em: 17 abr. 2006.
- BAHMDOUNI, H. K. **Sistema Híbrido de Comunicação: Novas tendências para o rastreamento aplicado a Logística e Segurança do Transporte de Distribuição**. Revista InfoGPS Ano 1 mar/abr. nº03. 2004. p. 27.
- BEECH, W. A.; NIELSEN, D. E.; TAYLOR, J. **AX.25 Link Access Protocol for Amateur Packet Radio**, Tucson Amateur Packet Radio Corporation. 1998. 143 p.
- BETKE K. **The NMEA 0183 Protocol**, National Marine Electronics Association. 2001. 28 p.
- BONORA, S.; ENGELS, D. **Guidelines for the use of GPS based AVL systems in public transport fleets**, Public Transport Electronic System, 21 22 May 1996 – Conference Publication No. 425, IEE. 1996.
- BRUCE, P. J. **The History of Electromagnetic Theory** This thesis is submitted in partial fulfilment of the requirements of course PX4006 - University of Aberdeen. Abr. 2005
- CADESIGN **AVL Pode evitar roubos e agilizar logística**, Revista Ano 9 Número 92. Markent Press, 2003. p. 21-25.

COMPUTERWORLD. **Linux custa 40% menos que Windows, diz estudo**, Artigo da Revista Computerworld. 2005. Disponível em: <http://www.opengeo.com.br/br/index.php?module=announce&ANN_user_op=view&ANN_id=31> Visitado em: 30 maio 2006.

COSTA, D. C. **Diretrizes para Elaboração e Uso de Bases Cartográficas no Planejamento Municipal: Urbano, Rural e Transportes**, Tese de Doutorado, São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2001.

DANTAS, A. S.; WILLY, P.; TACO, G.; YAEKO, Y. **Sistemas de Informação Geográfica em transportes**: O estudo do Estado da Arte, Anais do X ANPET. Brasília, 1996. p.211-222.

FAA **Specification for de Wide Area Augmentation System (WAAS)**, Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation, 2001. 156 p. Disponível em: <<http://gps.faa.gov/Library/Data/waas/2892bC2a.pdf>>. Visitado em: 01/01/2007.

FERRARI, A.M. **Telecomunicações Evolução & Revolução**, Quinta edição. São Paulo, Ed. Érica, 1991, 298 p. ISBN 85-7194-093-2

GARMIN **What is WAAS?**. 2006. Disponível em: <http://www.garmin.com/aboutGPS/waas.html> Visitado em: 02 Jul. 2006.

GARRABRANT, B. **TinyTrak**, 2002. Disponível em: <http://www.byonics.com> Visitado em: 20 maio 2002.

GILLEN, D. ; JOHNSON, D.; SCHRANK, N.; SULLIVAN, E. **Assessment of AVL for San Luis Obispo Transit** – Department of Civil Engineering, Institute for Transportation Studies, University of California, Berkeley, 2000. Revisado em: 2005. 44 p. Disponível em: <http://www.wlu.ca/docsnpubs_detail.php?grp_id=748&doc_id=4289>. Acesso em: 08/02/2006.

GLOBALSTAR **Portal da Globalstar**, 2006. Disponível em: <www.globalstar.com.br>. Acesso em: 13 jan 2006.

GSM. **Location Based Services**, Versão 3.1.0 GSM Association, Permanent Reference Document: SE.23. 2003. 75 p. Disponível em: <<http://www.gsmworld.com/documents/lbs/se23.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2006.

GUEDES, M. V. **O Gerador de Faraday**. Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. Revista Electricidade, nº 337 p.243-245 Out. de 1996.

HOFMANN WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS Theory and Practice**. Wien: Spring Verlag, 1997. 389 p.

IBGE **Parâmetros para transformações de sistemas geodésicos** – Anexo da resolução nº 23 de 21 fev. 1989. 4 f.

ICOM **Instruction Manual** – Dual Band FM Transceiver IC 2800H. 1999. 83 p.

INMARSAT **Portal da Inmarsat**, Disponível em:

http://about.inmarsat.com/satellites.aspx?top_level_id=3&language=EN&textonly=False#i2> Acesso em: 4 abr. 2006.

ITURAN **Rastreador Ituran**. Como funciona. 2005. Disponível em:

<<http://www.ituran.com.br/telas/pagina.asp?id=1&subarea=18>>. Acesso em: 29 ago. 2005.

JOHNSON, C. M.; THOMAS, J. E. L. **Automatic Vehicle Location Successful Transit Applications**, Cross Cutting Study of ITS (U.S. Department of Transportation), 2000. 20 f. Disponível em: <<http://ntl.bts.gov/lib/9000/9000/9005/8v301.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2005.

JONSSON, D.K.; OLAVESSEN, J. **Estimated accuracy of location in mobile networks using E OTD** – Master Thesis in Information and Communication Technology, 2002. 68 p. Disponível em:

<http://student.grm.hia.no/master/ikt02/ikt6400/g17/report/report_eotd.pdf> Acesso em: 14 mar. 2006.

KAYTON, M.; FRIED, W. R. **Avionics Navigation Systems**, John Wiley & Sons, 1969.

LAITINEN, H.; AHONEN, S.; KYRIAZAKOS S.; LÄHTEENMÄKI, J.; MENOLASCINO, R.; PARKKILA, S. **Cellular network optimisation based on mobile location**. CELLO Consortium, 2001. Disponível em: <<http://telecom.ntua.gr/cello>>. Acesso em: 29/11/2006

LAMANCE, J.; DESALAS, J.; JARVINEN, J. **Assisted GPS: A Low Infrastructure Approach**. Artigo da revista GPS World, 2002. 3 p. Disponível em:

<<http://www.gpsworld.com/gpsworld/article/articleDetail.jsp?id=12287&pageID=1&sk=&d ate=>>>. Acesso em 18 jul. 2006.

LÁRIOS, A. - **Estudo e construção de cenários para a telefonia móvel celular no contexto brasileiro**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 157 p. Disponível em:

<http://volpi.ea.ufrgs.br/teses_e_dissertacoes/td/001293.pdf>. Acesso em: 30 maio 2006.

LATHI, B. P. **Sistemas de Comunicação**. Tradução de JUNQUEIRA, L. M. P.; FERNANDES, L. M. Editora Guanabara. Rio de Janeiro. 401 p. 1987.

LIMA E. N. **Serviços Móveis Baseados e Localização**. 2003. Paginação Irregular.

Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriallbs>>. Acesso em: 25 jan. 2006.

LIME, S. **Welcome to MapServer**, University of Minnesota, 2006. Disponível em: <<http://mapserver.gis.umn.edu>>. Acesso em: 30 maio 2006.

LOUKAKOS D. **Automatic Vehicle Location**. Institute of Transportation Studies at the University of California at Berkeley, 2003. Paginação Irregular. Disponível em: <http://www.calccit.org/itsdecision/serv_and_tech/Automatic_vehicle_location/automatic_vehicle_location_summary.html>. Acesso em: 22 ago. 2005

MACHADO, G. **Visualização 3D** InfoGeo Revista de Análise Geográfica, Edição 32, mar/abr 2004. 2004. p.28-29.

MCCLURE, S.; SCAMBRAY, J.; KURTZ, G. **Hackers expostos: segredos e soluções para segurança de redes**. Makron Books. 2000.

MCKENNA, J. **Mapscript Architecture**, 2005. Disponível em: <<http://mapserver.gis.umn.edu/docs/howto/phpmapscript-byexample/phpmapscript-architecture/view>> Acesso em: 30 maio 2006.

MELO, C.H.; GUERRA, M. A. M. **SGBD com Extensão Espacial e Sistemas de Geoinformação: Um Casamento Perfeito** Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.prodemge.gov.br/revistafonte/volume2/pdf/SGBD.pdf>> Acesso em: 30 maio 2006.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR GPS Descrição, fundamentos e aplicações**. Editora Unesp, 2000. 288 p.

MOTOROLA. **G18 GSM/GPRS OEM Embedded Module Developer's Guide**, 2002. p. 8. 304 p.

MUNDOGEO **Nova Parati terá GPS como item de série**, Portal da revista MundoGeo, 2006. Disponível em: <www.mundogeo.com.br>. Acesso em: 4 abr. 2006.

NMEA. **NMEA 0183 interface standard V3.01**, National Marine Electronics Association's. 2002. Disponível em: <<http://www.nmea.org/pub/0183/index.html>>. Acesso em: 20 mar. 2006.

ORBCOMM **Portal da Orbcomm**, 2006. Disponível em: <<http://www.orbcomm.com>>. Acesso em: 4 abr. 2006.

PEREIRA P. T.; ALMEIDA M. G. **Predição Geo Fuzzy de sinais de radiofrequência aplicada ao mapeamento da potência de RD em uma região**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, 2003. p. 1005-1010.

PORCINO, D. **Performance of a OTDOA-IPDL positioning receiver for 3GPP-FDD mode**. London, 2001. Disponível em <<http://ieeexplore.ieee.org>>. Acesso em: 10 dez. 2006.

QUATRO RODAS. **Roubada Via Satélite**, 2005. Paginação irregular. Disponível em: <http://quatorrodas.abril.com.br/plus/0604_rastreadores.shtml>. Acesso em: 18 set. 2005.

RAMSEY, P. **PostGIS Manual**, 2006. Disponível em: <<http://www.postgis.org>>. Acesso em: 15 maio 2006.

RODRIGUES, M. **AVL: Enfim mais recursos e custos menores**, Artigo da revista Tecnológica. 2003a.

RODRIGUES, M. **AVL: Gestão integrada de logística e segurança** – Artigo da revista Truck & Van 2003b.

ROSSOPOULOS, G. **Driver de computador para emulação de TNC na placa de som**, 2006. Disponível em: <<http://www.elcom.gr/sv2agw/>>. Acesso em: 15 nov 2006.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy Foundations, Methods, and Applications**. ISBN 3-11-12753-9. Germany, 1993

SEGANTINE, P. C. L. **GPS: sistema de posicionamento global**. São Carlos: EESC/USP, 2005. 381 p.

SHERMAN LO, A. C.; CHEN, A.; AKOS, D.; ISSLER, J.; RIES, L.; GRELIER, T.; DANTEPAL, J. **GNSS Album Images and Spectral Signatures of the New GNSS Signals**. *Inside GNSS* – Volume 1 Número 4 Maio/Jun 2006. Pág 46-56

SIEMENS **Catálogo do produto Siemens Wireless Modules AC45**, 2003. 2 p. disponível em: <<http://www.siemens.com/wm>>. Acesso em: 07 dez 2005.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo referenciadas: conceitos e Fundamentos**. Editora Unicamp. Campinas SP, 1999.

SILVA, A. B.; MOREIRA, L.R.B. **Telemetria em sistemas de comunicação móvel celular**, Monografia, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Elétrica, 2005. 141 p.

SILVEIRA, L.C. **Fórmulas Geodésicas** - Artigo da revista A Mira edição nº124, 2004. p. 51 52.

SYRJÄERINNE J. **Use of GPS in Cellular Phone Industry** – CGSIC Meeting Research and Technology Access Nokia Mobile Phones, 2001. Disponível em: <<http://www.navcen.uscg.gov/cgsic/meetings/summaryrpts/38thmeeting/Syrjarinne.PPT>>. Acesso em: 14 mar. 2006.

TAYLOR, S. **Approaches to Development to the Automatic Location Systems**, Artigo Telecom Design Communications Ltd., 2003. 13 p. Disponível em:

<http://www.tdc.co.uk/technical/downloads/avl/automatic_location.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2005.

TEIXEIRA, A.L.A.; MATIAS L.F.; NOAL, R.H.; MORETTI, E. **Qual a melhor definição de SIG?** – Fator Gis A revista do Geoprocessamento, Ano 3, n.11, p.20-24, out/nov/dez 1995.

TIM **Tecnologia de transmissão de dados em alta velocidade**, Portal da TIM, 2005 Disponível em: <www.timbrasil.com.br>. Acesso em: 13 dez 2005.

TIM **Tarifas do Tim Connect Fast**, Portal da TIM, 2006 Disponível em: <www.timbrasil.com.br>. Acesso em: 26 jul 2006

TOSTES, F.A. **Informação espacial e atualização** 2005. Disponível em: <<http://www.geomatica.org.br>>. Acesso em: 12 abr 2005.

TRANSURBANA **Rastreamento: Tecnologia em constante evolução**, Revista de Setembro. Mídia & Ação editora promoção e eventos Ltda, 2004. p. 13-24.

UCHOA, H. N.; FERREIRA, P. R. **Geoprocessamento com Software Livre**. 2004. Disponível em: <http://www.igc.usp.br/pessoais/guano/downloads/geoprocessamento_software_livre_Uchoa-Roberto-v1.0.pdf>. Acesso em: 06/06/2006

WADE, I. **APRS Protocol Reference – Protocol Version 1.0 – Published by Tucson Amateur Packet Radio Corp.** 2000. 118 p. Disponível em: <<http://www.winaprs.org>>. Acesso em: 11 nov. 2003.

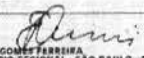
WAVECOM **AT Commands Interface Guide**: Revisão 5 Referência WM_ASW_OAT_UGD_016, 2005. 403 p.

WAVECOM **WISMO Quik Q2501 Product Specification**: Revisão 3 Referência WM_PRJ_Q2501_PTS_001, 2004a. 93 p.

WAVECOM **WISMO Quik Q2501 Starter Kit User Guide**: Revisão 2 Referência WM_P&M_Q2501_UGD_001, 2004b. 76 p.

ZAREMBA, L. **DIVERGÊNCIAS CONVERGENTES: a nova cultura radiofônica**. Publicação eletrônica: Ciberlegenda Número 4, 2001. Disponível em: <<http://www.uff.br/mestcii/zaremba2.htm>>. Visitado em: 19/12/2006.

ANEXO I – Licença ANATEL

 ANATEL AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES		00365/2002-SP	
LICENÇA PARA FUNCIONAMENTO DE ESTAÇÃO		PLS 001 / 001	
NOME DAÇÃO SOCIAL ROGERIO RODRIGUES AMARANTE		Nº DA ESTACAO 50011947683	
Nº DA ESTACAO 50011947683	SERVOÇO RADIOAMADOR	RAZÃO SOCIAL AMERICANA	CEP 13468-100
ENDEREÇO DA ESTACAO OU LOCAL DE OPERAÇÃO RUA DAS CASTANHEIRAS, 628 AP. 21		CIDADE JO. SÃO PAULO	
ESTADO AMERICANA		UF SP	
ESTAÇÃO FIXA (TIPO 1) INDICATIVO DE CHAMADA - ZZZRAM CLASSE - D POTENCIA MEDIA MAXIMA - 50(WATTS) O RADIOAMADOR OU TITULAR DE CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR DEVERA CERTIFICAR-SE DE QUE A ESTAÇÃO, AO SER OPERADA, TENHA SEUS COMPONENTES DE PORTADORA E BANDAS LATERAIS RADIAOS DENTRO DA FAIXA DE OPERAÇÃO, RESPEITADOS, OBRIGATORIAMENTE, OS LIMITES MAXIMO E MINIMO, ESTABELECIDOS PARA CADA FAIXA DE FREQUENCIA, SEM COMO AS CONDIÇÕES ESTABELECIDAS PARA CADA CLASSE. O RADIOAMADOR TEM A OBRIGACAO DE PAGAR, ANUALMENTE, A TAXA DE FISCALIZACAO DAS TELECOMUNICACOES.			
RECEBIMENTO 07/03/2003	VALIDADE 07/03/2012	ASSINATURA  EVERALDO GOMES FERREIRA CERENTE DO ESCRITORIO REGIONAL - SÃO PAULO - SP1	

ANEXO II – Lista de Componentes do TiniTrak (versão 2)

U1 - Microcontrolador PIC16F84-10/P
XTL1 - Cristal 10MHz
Q1 - Transistor BC547
Q2 - Regulador 7805
R1 - Resistor 8K2 (cinza-vermelho-vermelho)
R2 - Resistor 3K9 (laranja-branco-vermelho)
R3 - Resistor 2K2 (vermelho-vermelho-vermelho)
R4 - Resistor 1K (marrom-preto-vermelho)
R5 - Trimpot 10K
R6 - Resistor 220K(vermelho-vermelho-amarelo)
R7 - Resistor 10K (marrom-preto-laranja)
R8 - Resistor 2K2 (vermelho-vermelho-vermelho)
R9 - Trimpot 10K
R10 - Resistor 1K (marrom-preto-vermelho)
R11 - Resistor 1K (marrom-preto-vermelho)
R12 - Resistor 1K (marrom-preto-vermelho)
R13 - Resistor 1K (marrom-preto-vermelho)
R14 - Resistor 10K (marrom-preto-laranja)
C1 - Capacitor 0,1uF (104)
C2 - Capacitor 0,1uF (104)
C3 - Capacitor 0,1uF (104)
C4 - Capacitor 0,1uF (104)
D1 - LED amarelo
D2 - LED verde
D3 - LED vermelho
D4 - LED vermelho
D5 - Diodo 1N4148
J1 - Conector DB-9 fêmea
Diversos - Pinos para conexão
Placa de circuito impresso
Soquete de CI 18 pinos

ANEXO III – Medições de propagação de rádio em Americana

Dados coletados para teste de transmissão via rádio

PONTO	DATA	HORA	TEMP.	UMID.	5W	20W	50W	CEL	OBSERVAÇÃO
1	09/07/06	10:40	22°C	87%	0	0	0	0	Área Rural (700 m do ponto)
2	09/07/06	10:24	22°C	87%	0	1	3	7	Área Rural
3	09/07/06	10:50	22°C	87%	0	0	0	6	Área Rural
4	09/07/06	10:58	22°C	87%	0	0	0	7	Área Rural
5	05/03/03	10:15	32°C	88%	0	0	2	6	Área Rural (Torre de Alta tensão)
6	05/03/03	09:54	32°C	88%	0	1	2	4	Fábrica (Fibra / Degussa)
7	05/03/03	16:35	32°C	82%	8	10	11	7	Rio Piracicaba (408 m do ponto)
8	05/03/03	16:28	32°C	82%	0	1	2	6	R. Maria Quitéria (em frente Santista)
9	09/07/06	10:16	22°C	87%	0	0	1	7	Área Rural
10	09/07/06	12:24	22°C	87%	0	0	0	3	Área Rural
11	09/07/06	11:00	22°C	87%	0	0	0	7	Área Rural
12	09/07/06	11:30	22°C	87%	0	0	0	6	Área Rural
13	09/07/06	12:10	22°C	87%	0	1	2	7	Área Rural
14	05/03/03	10:30	32°C	88%	3	5	6	7	R. Serra do Mar S/N
15	05/03/03	17:30	32°C	82%	2	4	5	7	Atrás da Toyobo (210 m do ponto)
16	05/03/03	17:05	32°C	82%	3	5	7	7	R. Augusto Marques Penteado, 71
17	05/03/03	16:40	32°C	82%	4	6	7	7	Fábrica Tabacow (191 m do ponto)
18	05/03/03	16:10	32°C	82%	0	0	3	7	Estrada (207 m do ponto)
19	05/03/03	A MEDIÇÃO NÃO FOI POSSIVEL							Sem acesso (Lago)
20	09/07/06	09:55	22°C	87%	0	0	0	0	Chácaras - Antiga Fazenda Sta Lucia
21	09/07/06	11:42	22°C	87%	0	0	1	2	Área Rural
22	09/07/06	11:58	22°C	87%	1	3	4	5	Área Rural
23	05/03/03	10:40	32°C	88%	5	6	8	7	R. São Paulo, 251
24	05/03/03	09:21	32°C	88%	6	9	10	7	Av. Nove de Julho, 651
25	05/03/03	16:55	32°C	82%	11	11	11	7	Lateral Pavilhão FIDAM
26	05/03/03	16:50	32°C	82%	11	11	11	7	R. Joaquim Boer, 718
27	05/03/03	16:07	32°C	82%	8	8	9	7	Estrada
28	05/03/03	16:00	32°C	82%	2	5	6	6	Área Rural
29	05/03/03	12:21	32°C	88%	0	2	4	2	R. Bahia, 216
30	05/03/03	10:57	32°C	88%	9	11	11	7	R. Indaiá, 512
31	05/03/03	09:11	32°C	88%	11	11	11	7	Rua das Figueiras, 180
32	05/03/03	11:57	32°C	88%	11	11	11	7	Av. Bandeirantes, 720
33	05/03/03	12:05	32°C	88%	11	11	11	7	Av. José Meneguel, 1701
34	05/03/03	12:38	32°C	84%	2	3	4	7	Rod. SP 304 Km 123
35	05/03/03	12:29	32°C	84%	6	8	9	7	R. Josué Mastrodi, S/N
36	05/03/03	A MEDIÇÃO NÃO FOI POSSIVEL							Sem acesso (Propriedade Particular)
37	05/03/03	11:36	32°C	88%	9	11	11	7	Área Rural (127 m do ponto P.Particular)
38	05/03/03	11:46	32°C	88%	7	9	11	7	R. Ibitinga, 467

ANEXO IV – Pinagem da placa Wismo Quik Q2501

1	GPS_RXD2	GPS_TXD2	2
3	GPS_RXD0	GPS_TXD0	4
5	GPS_SCK	GSM_BBEN	6
7	GPS_REVERSE	GPS_MOSI	8
9	GPS_EXTINT0	RESERVED	10
11	GPS_MISO	RESERVED	12
13	GPS_PCS0_N	RESERVED	14
15	GPS_PCS1_N	RESERVED	16
17	GPS_TIMEPULSE	GPS_VANT	18
19	GPS_VCORE	GSM_PAC_EN	20
21	GPS_EN	GPIO1	22
23	SIM_CLK	GPIO2	24
25	SIM_RST	ON/~OFF	26
27	SIM_DATA	SDA/SPI_IO	28
29	SIM_VCC	SCL/SPI_CLK	30
31	AUXDAC	BOOT	32
33	ROW0	~RST	34
35	ROW1	~INTR	36
37	ROW2	GPI	38
39	ROW3	GPO2	40
41	ROW4	GPO1	42
43	COL0	GPIO0	44
45	COL1	GPO0	46
47	COL2	GPO3	48
49	COL3	GSM_RTS1	50
51	COL4	GSM_RXD1	52
53	GPIO3	GSM_DTR1	54
55	GPIO5	GSM_DSR1	56
57	GSM_CTS1	AUXADC	58
59	GSM_TXD1	VCC	60
61	SPK1P	MIC1P	62
63	SPK1N	MIC1N	64
65	SPK2P	MIC2P	66
67	SPK2N	MIC2N	68
69	BUZ	SIM_PRES	70
71	GSM_DCD1	FLASH_LED	72
73	GPIO4	GSM_RI1	74
75	VBATT	VCC_RTC	76
77	VBATT	VBATT	78
79	VBATT	VBATT	80

ANEXO V – Exemplo de criação de tabela com PostgreSQL + PostGIS

Carregando as informações dentro do PostgreSQL+PostGIS

Como exemplo será apresentado a seguir alguns passos efetuados no trabalho. Estes passos visam a criação da tabela nas quais estão armazenados o nome das cidades e suas respectivas localizações. Originalmente as informações estão armazenadas em um arquivo texto (ASCII) chamado CIDADES.TXT.

Para entrar no banco de dados chamado AVL:

```
$psql AVL
```

Criar uma tabela:

```
CREATE TABLE cidades(  
    nome VARCHAR,  
    tamanho CHAR(1),  
    lon REAL,  
    lat REAL);
```

Importar os dados do arquivo CIDADES.TXT dentro da tabela cidades:

```
copy cidades from '/home/rogerio/CIDADES.TXT' using delimiters ';;'
```

Adicionar uma nova coluna na tabela e atribuir um valor para ela:

```
ALTER TABLE cidades ADD COLUMN estado VARCHAR(2);  
UPDATE cidades SET estado='SP';
```

Para adicionar uma nova coluna espacial tipo PostGIS e atribuir valores para ela:


```
SELECT AddGeometryColumn('', 'cidades', 'posicao', 4326, 'POINT', 2);  
UPDATE cidades SET posicao=GeomFromText('POINT(' || lon || ' ' || lat ||  
' ) ', 4326);
```

O número 4326 mostrado anteriormente é o código do sistema de projeção utilizado pelo PostGIS referente ao sistema de coordenadas géodésicas datum WGS 84. Outros sistemas de projeção estão armazenados na tabela `spatial_ref_sys` dentro do próprio PostgreSQL.

ANEXO VI – Arquivo Mapfile: sp_estado.map

Arquivo de especificação para o Mapserver (monitoramento na versão 4)

```
MAP
  NAME AVL
  STATUS ON
  EXTENT -53.0 -26.0 -44.0 -19.0
  SIZE 500 375
  IMAGECOLOR 200 255 255

  WEB
    IMAGEPATH "/opt/fgs/www/htdocs/mapserver/tmp/"
    IMAGEURL "/mapserver/tmp/"
  END

  LAYER
    NAME "BR_DIVISAS"
    TYPE POLYGON
    CONNECTIONTYPE OGR
    CONNECTION "brasil/br_divisas_geo_wgs84.dgn"
    STATUS ON
    CLASS
      COLOR 050 230 050
      OUTLINECOLOR 020 180 020
    END
  END

  LAYER
    NAME "SP_DIVISAS"
    TYPE LINE
    CONNECTIONTYPE OGR
    CONNECTION "brasil/sp/sp_divisas_geo_wgs84.dgn"
    STATUS ON
    MAXSCALE 6 #DESLIGA QUANDO O ZOOM E OUT
    MINSSCALE 1 #DESLIGA QUANDO ZOOM E GRANDE
    CLASS
      COLOR 100 255 100
    END
  END

  LAYER
    NAME "SP_RODOVIAS_FEDERAIS"
    TYPE LINE
    CONNECTIONTYPE OGR
    CONNECTION "brasil/sp/sp_rodovias_federais_geo_wgs84.DGN"
    STATUS ON
    CLASS
      COLOR 255 0 0
    END
  END

  LAYER
    NAME "SP_RODOVIAS_ESTADUAIS"
    TYPE LINE
    CONNECTIONTYPE OGR
    CONNECTION "brasil/sp/sp_rodovias_estaduais_geo_wgs84.DGN"
    STATUS ON
    CLASS
      COLOR 0 0 255
    END
  END

  LAYER
    NAME "SP_RODOVIAS_MENORES"
    TYPE LINE
    CONNECTIONTYPE OGR
    CONNECTION "brasil/sp/sp_rodovias_menores_geo_wgs84.DGN"
    STATUS ON
    MAXSCALE 4 #DESLIGA QUANDO O ZOOM E OUT
    CLASS
      COLOR 100 100 255
    END
  END

  LAYER
    NAME "SP_AMERICANA_QUADRAS"
    TYPE POLYGON
    CONNECTIONTYPE OGR
    CONNECTION "brasil/sp/americana/sp_americana_quadras.shp"
    STATUS ON
    MAXSCALE 1
    CLASS
      COLOR 50 255 0
      OUTLINECOLOR 255 255 255
    END
  END
END
```

```

LAYER
  NAME "SP_AMERICANA_QUADRAS_COMPLEMENTO"
  TYPE LINE
  CONNECTIONTYPE OGR
  CONNECTION "brasil/sp/americana/sp_americana_quadras_complemento.shp"
  STATUS ON
  MAXSCALE 1
  CLASS
    COLOR 255 255 255
  END
END

LAYER
  NAME "SP_AMERICANA_HIDROGRAFIA"
  TYPE POLYGON
  CONNECTIONTYPE OGR
  CONNECTION "brasil/sp/americana/sp_americana_represes.shp"
  STATUS ON
  MAXSCALE 1
  CLASS
    COLOR 0 255 255
  END
END

LAYER
  NAME "SP_CAMPINAS_UNICAMP_QUADRAS_ABERTAS"
  TYPE LINE
  CONNECTIONTYPE OGR
  CONNECTION "brasil/sp/campinas/campinas_unicamp_quadras_abertas.shp"
  STATUS ON
  MAXSCALE 1
  CLASS
    COLOR 255 255 255
  END
END

LAYER
  NAME "SP_SAO_CAETANO_EIKOS"
  TYPE LINE
  CONNECTIONTYPE OGR
  CONNECTION "brasil/sp/saocaetanosul/SaoCaeta.shp"
  STATUS ON
  MAXSCALE 1
  CLASS
    COLOR 255 255 255
    LABEL
      SIZE TINY
      COLOR 0 0 0
      END #LABEL
    END #CLASS
  END
END

LAYER
  NAME "NOME_CIDADES_G"
  CONNECTIONTYPE POSTGIS
  CONNECTION "host=localhost dbname=avl user=rogerio password=XXXXX port=5432"
  DATA "posicao from cidades"
  FILTERITEM "tamanho"
  FILTER "G"
  MINSCALE 1 #DESLIGA QUANDO ZOOM É GRANDE
  LABELITEM 'nome'
  STATUS ON
  TYPE POINT
  CLASS
    SYMBOL 'circle'
    SIZE 3
    COLOR 0 0 255
    LABEL
      COLOR 0 0 128
      POSITION CR
      OUTLINECOLOR 255 255 255
    END #LABEL
  END
END

LAYER
  NAME "NOME_CIDADES_P"
  CONNECTIONTYPE POSTGIS
  CONNECTION "host=localhost dbname=avl user=rogerio password=XXXXX port=5432"
  DATA "posicao from cidades"
  FILTERITEM "tamanho"
  FILTER "P"
  LABELITEM 'nome'
  STATUS ON
  TYPE POINT
  MAXSCALE 6 #DESLIGA QUANDO O ZOOM É OUT
  MINSCALE 1 #DESLIGA QUANDO ZOOM É GRANDE
  CLASS
    SYMBOL 'circle'
    SIZE 2
    COLOR 0 0 255
    LABEL
      COLOR 0 0 255
      POSITION CR
  END
END

```



```

        SIZE TINY
    END #LABEL
END #CLASS
END

LAYER
    NAME "HISTORICO"
    CONNECTIONTYPE POSTGIS
    CONNECTION "host=localhost dbname=avl user=rogerio password=XXXXX port=5432"
    DATA "geom from historico"
    STATUS ON
    TYPE POINT
    CLASS
        SYMBOL 'circle'
        SIZE 3
        COLOR 255 0 0
    END
END

LAYER
    NAME "VEICULOS"
    CONNECTIONTYPE POSTGIS
    CONNECTION "host=localhost dbname=avl user=rogerio password=XXXXX port=5432"
    DATA "posicao from veiculos"
    LABELITEM 'TEXT0'
    STATUS ON
    TYPE POINT
    CLASS
        SYMBOL 'triangle'
        SIZE 8
        COLOR 255 0 0
        LABEL
            COLOR 0 0 0
            POSITION CR
            OUTLINECOLOR 255 255 255
        END #LABEL
    END
END

LAYER
    NAME "TRAJETO"
    CONNECTIONTYPE POSTGIS
    CONNECTION "host=localhost dbname=avl user=rogerio password=XXXXX port=5432"
    DATA "linha from trajeto"
    LABELITEM "COMENTARIO"
    STATUS ON
    TYPE LINE
    CLASS
        LABEL
            SIZE TINY
            COLOR 0 0 0
        END #LABEL
    END #CLASS
END #LAYER
END #MAP

SYMBOL
    NAME "triangle"
    TYPE vector
    FILLED TRUE
    POINTS
        0 4
        2 0
        4 4
        0 4
    END #POINT
END

SYMBOL
    NAME "circle"
    TYPE ellipse
    FILLED TRUE
    POINTS
        1 1
    END
END

```

ANEXO VII – Arquivo *Mapscript*: sp_estado.phtml

Programa (*Mapscript* em PHP) para o Mapserver (monitoramento na versão 4)

```
<?php
dl('php_mapscript.so');
$nome_mes = array("VAZIO","Janeiro","Fevereiro","Março","Abril","Maio","Junho","Julho","Agosto","Setembro","Outubro",
    "Novembro","Dezembro");
$veiculos_array = array("VAZIO","00000001","00000002","00000003","00000004","00000005");
if (!isset($_HTTP_POST_VARS['menu_dia'])) {
    $data = getdate();
    $opcao_dia = $data["mday"];
    $opcao_mes = $data["mon"];
    $opcao_ano = $data["year"];
    $opcao_veiculo = 1;
} else {
    $opcao_dia = $_HTTP_POST_VARS['menu_dia'];
    $opcao_mes = $_HTTP_POST_VARS['menu_mes'];
    $opcao_ano = $_HTTP_POST_VARS['menu_ano'];
    $opcao_veiculo = $_HTTP_POST_VARS['menu_veiculo'];
}
$dia_filtro = "$opcao_ano-$opcao_mes-$opcao_dia";

// Default values and configuration
$val_zsize=2;
$check_pan="CHECKED";
$map_path="";
$map_file="sp_estado.map";
$map = ms_newMapObj($map_path.$map_file);

// filtros
$layerhistorico = $map->getlayerbyname("HISTORICO");
$filterohistorico = "VEICULO='".$veiculos_array[$opcao_veiculo]."' AND data=$dia_filtro"; #'00000001'
$layerhistorico->setFilter($filterohistorico);

$layerTrajeto = $map->getlayerbyname("TRAJETO");
$filterTrajeto = "VEICULO='".$veiculos_array[$opcao_veiculo]."' AND data=$dia_filtro"; #'00000001'
$layerTrajeto->setFilter($filterTrajeto);
#$layerTrajeto->setData("linha from trajeto");

$layerveiculo = $map->getlayerbyname("VEICULOS");
$filterveiculo = "VEICULO='".$veiculos_array[$opcao_veiculo]."'"; #'00000001'
$layerveiculo->setFilter($filterveiculo);

if (isset($_HTTP_POST_VARS["mapa_x"]) && isset($_HTTP_POST_VARS["mapa_y"]) && !isset($_HTTP_POST_VARS["full"])) {
    $extent_to_set = explode(" ", $_HTTP_POST_VARS["extent"]);
    $map->setextent($extent_to_set[0],$extent_to_set[1],$extent_to_set[2],$extent_to_set[3]);
    $my_point = ms_newpointObj();
    $my_point->setXY($_HTTP_POST_VARS["mapa_x"],$_HTTP_POST_VARS["mapa_y"]);
    $my_extent = ms_newrectObj();
    $my_extent->setextent($extent_to_set[0],$extent_to_set[1],$extent_to_set[2],$extent_to_set[3]);

    $zoom_factor = $_HTTP_POST_VARS["zoom"]*$HTTP_POST_VARS["zsize"];
    $zoom_factor = $_HTTP_POST_VARS["zoom"]*2;
    if ($zoom_factor == 0) {
        $zoom_factor = 1;
        $check_pan = "CHECKED";
        $check_zout = "";
        $check_zin = "";
    } else if ($zoom_factor < 0) {
        $check_pan = "";
        $check_zout = "CHECKED";
        $check_zin = "";
    } else {
        $check_pan = "";
        $check_zout = "";
        $check_zin = "CHECKED";
    }
    $val_zsize = abs($zoom_factor);

    $val_zsize = 2;
    $map->zoompoint($zoom_factor,$my_point,$map->width,$map->height,$my_extent);
}

$image=$map->draw();
$image_url=$image->saveWebImage();
$extent_to_html = $map->extent->minx." ".$map->extent->miny." ".$map->extent->maxx." ".$map->extent->maxy;
?>
<HTML>
<HEAD>
<BODY BGCOLOR="#C0C0C0">
<TITLE>AVL Localização automática de Veiculos</TITLE>
</HEAD>
<BODY>
<CENTER>
<FORM METHOD=POST ACTION=<?php echo $_HTTP_SERVER_VARS['PHP_SELF']?>>
```

```

<INPUT TYPE=HIDDEN NAME="VEICULO" VALUE="00000001">
<P><?php echo $VEICULO?></P>
<TABLE>
<TR>
<TD><INPUT TYPE=IMAGE NAME="mapa" SRC="<?php echo $image_url?>"></TD>

<TD valign="TOP"><TABLE>
<TR><TABLE>
<TR><TD><IMG src="i_p_out.png" NAME="zoom"></TD><TD><INPUT TYPE=RADIO NAME="zoom" VALUE=0 <?php echo $check_pan?>></TD></TR>
<TR><TD><IMG src="i_zl_out.png" NAME="zoom"></TD><TD><INPUT TYPE=RADIO NAME="zoom" VALUE=1 <?php echo $check_zin?>></TD></TR>
<TR><TD><IMG src="i_zo_out.png" NAME="zoom"></TD><TD><INPUT TYPE=RADIO NAME="zoom" VALUE=-1 <?php echo $check_zout?>></TD></TR>
<TR><TD><INPUT TYPE="IMAGE" src="i_r_out.png" NAME="full" Value="Zoom Extends"></TD><TD></TD></TR>
</TABLE></TR>
</TD>
</TR>
</TABLE>
<INPUT TYPE=HIDDEN NAME="extent" VALUE="<?php echo $extent_to_html?>">
<TABLE>
<TR>
<TD>Veiculos: </TD>
<TD>
<P><select size="1" name="menu_veiculo">
<?php
for ($i = 1; $i < 6; $i++) {
if ($i == $opcao_veiculo) {
$texto = "<option value='$i' selected>". $veiculos_array[$i]. "</option>";
echo $texto;
} else {
$texto = "<option value='$i'>". $veiculos_array[$i]. "</option>";
echo $texto;
}
}
?>
</select></p>
</TD>
<TD>Data do rastreo: </TD>
<TD>
<p><select size="1" name="menu_dia">
<?php
for ($i = 1; $i < 32; $i++) {
if ($i == $opcao_dia) {
echo "<option selected>$i</option>";
} else {
echo "<option>$i</option>";
}
}
?>
</select>
<select size="1" name="menu_mes">
<?php
for ($i = 1; $i < 13; $i++) {
if ($i == $opcao_mes) {
$texto = "<option value='$i' selected>". $nome_mes[$i]. "</option>";
echo $texto;
} else {
$texto = "<option value='$i'>". $nome_mes[$i]. "</option>";
echo $texto;
}
}
?>
</select>
<select size="1" name="menu_ano">
<?php
for ($i = 2006; $i < 2011; $i++) {
if ($i == $opcao_ano) {
$texto = "<option selected>$i</option>";
echo $texto;
} else {
$texto = "<option>$i</option>";
echo $texto;
}
}
?>
</select>
</p>
</TD>
</TR>
</TABLE>
</FORM>
<P>Dia exemplo 16/maio/2006</P>
<P>Zoom Factor.:<?php echo $zoom_factor?></P>
</CENTER>
</BODY>
</HTML>

```


ANEXO VIII – Programa em PHP que recebe dados do rastreador

```
<?PHP
// dl("pgsql.so");
/* Programa para atualizacao do historico de coordenadas recebida dos rastreadores*/
/* desenvolvido por ROGERIO AMARANTE rogerio.amarante@gmail.com */
/* Desenvolvido em 06/05/2006 Versao 1.1 */
/* Atualizado em 25/07/2006 - (permite atualizacao de mais de uma posicao por vez)*/

// ----- POSTGRESQL -----
$db = "avl"; // nome do banco de dados
$host = "localhost"; // Servidor
$user = "rastreador"; // nome de usuário registrado no banco de dados
$pass = "*****"; // senha do usuário
$port = "5432"; // "porta" para conexão ao banco de dados
$string_connect = "host=$host port=$port dbname=$db user=$user password=$pass";
$connect = pg_connect($string_connect);

// ----- RECEBE STRING do rastreador -----
$string = $_GET[str];
// EXEMPLO DE STRING "00000001|260406;213008;2244.83338S;04720.15651W;290;14;2;asdf|";

$veiculo == "";
$query == "";
$registros = explode("|", $string);
$contador=0;
while (strlen($registros[$contador])>0) {
    $DadosSeparados = explode(";", $registros[$contador]);
    if ($contador == 0) {
        echo $veiculo;
        $veiculo=$DadosSeparados[0]; // "00000001"
        $contador=$contador+1;
    }
    else {
        $dia=$DadosSeparados[0]; // "2006-04-26"
        $hora=$DadosSeparados[1]; // "10:10:00"
        $latitude=$DadosSeparados[2]; // "-22.80"
        $longitude=$DadosSeparados[3]; // "-44.20"
        $direcao=$DadosSeparados[4]; // "290"
        $velocidade=$DadosSeparados[5]; // "14"
        $HDOP=$DadosSeparados[6]; // "HDOP"
        $observacao=$DadosSeparados[7]; // "OBSERVACAO"
        // Tratamento dos dados
        if (strlen($dia)>0) {
            $dia = "20" . substr($dia,4,2) . "-" . substr($dia,2,2) . "-" . substr($dia,0,2);
        }
        else {
            $dia = "1900-01-01";
        }
        if (strlen($hora)>0) {
            $hora = substr($hora,0,2) . ":" . substr($hora,2,2) . ":" . substr($hora,4,2);
        }
        else {
            $hora = "00:00:00";
        }
        if (strlen($HDOP)==0) { $HDOP = "99"; }
        if (strlen($direcao)==0) { $direcao = 0; }
        if (strlen($velocidade)==0) { $velocidade = 0; }
        $sinal = substr($latitude,strlen($latitude)-1,1);
        if ($sinal == "S") {
            if ($sinal == "S") {
                $sinal = -1;
            }
        }
        else {
            $sinal = 1;
        }
        $aux = substr($latitude,strlen($latitude)-2,strlen($latitude)-strlen($latitude, ".")+1) / 60;
        $latitude = (substr($latitude,0,strlen($latitude, ".")-2) + $aux) * $sinal;
        $sinal = substr($longitude,strlen($longitude)-1,1);
        if ($sinal == "W") {
            $sinal = -1;
        }
        else {
            $sinal = 1;
        }
        $aux = substr($longitude,strlen($longitude)-2,strlen($longitude)-strlen($longitude, ".")+1) / 60;
        $longitude = (substr($longitude,0,strlen($longitude, ".")-2) + $aux) * $sinal;
        // $point = "(" . $longitude . " " . $latitude . ")";
        $pointPOSTGIS = $longitude . " " . $latitude;
        $contador=$contador+1;
        if ($veiculo == "") {
            echo "Veiculo vazio";
        }
        else {
            $query = pg_query("SELECT atualiza($veiculo,'$dia','$hora',$direcao,$velocidade,
                '$pointPOSTGIS','$HDOP','$observacao')");
        }
    }
}
endwhile;
if ($query == "") { echo "AVL-ERRO-STRING INVALIDA"; }
else { echo "AVL-OK"; }
?>
```

ANEXO IX – Questionário

Prezado senhor,

As perguntas abaixo se destinam a embasar o trabalho desenvolvido pelo aluno de pós-graduação _____ no Depto. de Geotecnia e Transportes da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.

As perguntas aqui solicitadas não são de natureza fiscal e serão tratadas com o mais absoluto sigilo.

Pesquisa sobre produtos destinados a localização automática de veículos.

Empresa: _____

Endereço: _____

Cidade: _____

Telefone: _____

Fax: _____

e-mail: _____

site: _____

Quantidade de rastreadores em funcionamento: _____
(somente os que enviam posição)

Produto 1: _____

Sistema de posicionamento: () GPS
 () Celular (LBS)
 Operadora: _____
 Tecnologia: _____
 () Network Positioning
 () Outra: _____

Sistema de comunicação: () Satelital
 Operadora: _____
 Tecnologia: _____
 () Celular
 Operadora: _____
 Tecnologia: () - SMS
 () - WAP
 () - GPRS
 () - Outra: _____

Regra para atualização da posição na central de monitoramento:
 () Frequência determinada
 Frequência: _____
 () Por requisição
 Condição: _____
 () Outra: _____

Tecnologia de monitoramento: () Infra-estrutura própria:
 Softwares: _____
 Origem da base cartográfica: _____
 Disponibilização para os clientes: _____
 () Infra-estrutura terceiarizada:
 Empresa: _____

Custos:
Custo inicial por unidade móvel: _____

Custo inicial do kit de monitoramento: _____

Custo mensalidade por unidade móvel: _____

Custo por atualização de posicionamento: _____

Custo por envio de mensagem: _____

Observações: _____

ANEXO X – Relação de sistemas para a sugestão de pesquisa

As empresas relacionadas na tabela 9 foram levantadas a partir de pesquisas na internet, revistas, propagandas e observação em adesivos de caminhões no período de junho de 2005 até outubro de 2006.

Tabela 9. - Sistemas similares no vendidos no Brasil

EMPRESA	EQUIPAMENTO	POSIC.	COMUNICAÇÃO	TELEFONE
Alerta	Navtrack Digital	GPS	Celular	(12) 3941 4157
Alvosat	Alvosat Drive	GPS	Celular GSM/GPRS	(11) 5588 6688
Angels	MTCH 300	GPS	Celular	(41) 3018 2838
Ariasat	Ariasat TCA	GPS	Celular GSM	(11) 3392 3000
Auto Position	Alarmcell	GPS	Celular	(43) 3027 8000
AutoFinder	Autofinder AF200	GPS	Celular	(51) 3026 3311
Autologística	MTCH 300	GPS	Celular	(34) 3237 1716
Autosky	Autosky	GPS	Celular	(11) 3156 3616
Autosat	Híbrido Pró Carga (Dual)	GPS	GSM/GPRS / Orbcomm	(11) 3616 1633
Autosonic	NAVGATOR	GPS	Celular GSM/GPRS	(11) 6976 7930
Autotrac		GPS	satélite	(61) 307 1010
Block System	BS 7000	GPS	Celular	(11) 5053 7100
BySat	MTCH	GPS	Celular GSM	(31) 3421 4401
Bergman	E Finder	GPS	Celular (CSD)	(21) 2543 1100
Blockauto	Blockauto	ERB	Celular	(34) 3231 1236
Brasil Track	Brasil Track (MTCH 300)	GPS	Celular	(21) 2589 1300
BUD	Locator One	ERB	Celular	(19) 3255 8399
Buscar	Buscarsat R51	GPS	Celular	(16) 3723 8533
BySat	MTCH	GPS	Celular GSM	(31) 3241 4401
CarSystem	CarSystem	GPS	GSM/GPRS	(11) 5645 5000
Cdata	MOS 360	GPS	GSM/GPRS	(11) 4994 0081
Central Max	Shock sat	GPS	Celular	(31) 3491 4929
Cielo	CieloCel	GPS	Celular	(54) 312 3399
Chevrolet	ChevyStar	Radiofrequência	Radiofrequência	(11) 4234 6618
Commandersat	MTC 400	GPS	Celular GSM/GPRS	(67) 423 2304
ControlLoc	ControlLoc	GPS	GSM/GPRS	(11) 4197 5877
CONTROLSAT		GPS	satélite	(11) 5576 0216
EarthSearch	Autosearch 1.3 TL	GPS	Celular GSM/GPRS	(11) 2167 1200
Easy Track	Easy Track GPRS	GPS	GSM/GPRS	(11) 3045 5988
EBV	KXT 36GSM	GPS	Celular GSM/GPRS	(48) 381 9500
Estradasat	ORBCOMM Data Communicator	GPS	Orbcomm	(44) 3622 3000
FORTRESS		GPS	Inmarsat D+	
Gardens	Navtrack Digital	GPS	Celular	(11) 5572 1313

Gennari & Peatree	Blockcell	GPS	Celular	(11) 3218 4700
Graber	Cellocator	GPS	Celular	(11) 4191 9154
GuardOne	GuardOne	GPS	Celular GSM	(21) 2483 8700
GET	TRACESAT	GPS	Inmarsat e Orbcomm	(43) 3174 1200
Globaltech	GT Torpedo	GPS	Celular	(11) 5054 5000
Graber	Maxtrack GSM	GPS	GSM/GPRS	(11) 4688 0808
HunterSat	Hunter Locate	ERB	Celular	(11) 4193 6429
HunterSat	Hunter Track I	GPS	Celular	(11) 4193 6429
Ituran	Sistema Ituran	Triangulação de Antenas	radiofrequência	0800 010 55 66
Ituran	Kit Ituran 5044	Triangulação de Antenas	rádiofrequência	0800 010 55 66
Ituran	Kit Ituran S GPRS	GPS	GSM/GPRS	0800 010 55 66
Ituran	Kit Ituran S GPRS	GPS	GSM / GPRS	0800 010 55 66
JaburSat	JaburSat SKY	GPS	Inmarsat D+	(43) 3371 3700
Jabursat	Jabursat II	GPS	Inmarsat D+	(43) 3371 3700
Jabursat	Jabursat III	GPS	Celular GPRS/Inmarsat D+	(43) 3371 3700
Lek Direct	LEK SAT TI 100	GPS	Globalstar	(11) 4152 8456
Lock System	Rastreador/Bloqueador Lock System	GPS	Celular GSM/GPRS	(11) 3683 4513
Locsat	Locsat /AVL/GPS IV	GPS	GSM/GPRS	(61) 327 6041
Logikos	LR 800	GPS	Nextel	(21) 3385 4333
LoJack	Lojack VLU III	Radiofrequência	Radiofrequência	0800 11 71 72
LogusSat	Log Sat (MTCH 300)	GPS	Celular	(11) 6281 8000
Maxcel	Maxcel	ERB	Celular	(41) 9112 4750
MobiliCom	MTCH 300	GPS	Celular	(81) 3361 6667
Mutsat	MTC 400 AVL	GPS	GSM/GPRS	(75) 3223 2599
Omnalink	RI 1460 (MAX)	GPS	GPRS/Inmarsat D+	(11) 41961100
Omnalink	RI 1450	GPS	Celular GPRS	(11) 4196 1100
Omnalink	RI 3450	GPS	Celular GPRS	(11) 4196 1100
OrbSystem	ORB Lock Plus	ERB	Celular	(11) 5081 3737
Plantão Segurança	MTCH 400	GPS	Celular GPRS/GSM	(31) 3319 7800
PollusSat	Syslock	GPS	Celular	(11) 5090 3612
Polsatcom	AVL Polsatcom (MTCH 300)	GPS	Celular	(21) 3872 8404
PR SAT	DMR 200	GPS	Inmarsat D+	(45) 541 2277
Pósitron	Rastreador Pósitron	GPS	GSM/GPRS	0800 775 1400
Prismasat	Prisma 400	GPS	Celular GSM / GPRS	(43) 3336 4848
ProtectSat	Protect 400	GPS	Celular GSM/GPRS	(81) 3425 0350
ProtectSat	Protect 300	GPS	Celular	(81) 3425 0350
Qualify Sat	QA 400	GPS	GSM / GPRS	(11) 6972 9500
Rodosis	Rodosis Flex	GPS	GSM/GPRS / Inmarsat D+	(43) 3315 8585
Rodosis	Satamatics 101 / 201	GPS	Inmarsat D+	(43) 3315 8585
Sascar	Sascar GSM	GPS	Celular GSM	0300 789 6004
Satcar	Satcomm Plus	GPS	Inmarsat D+	(41) 3019 7080
Sat Company	GP SAT	GPS	Celular GSM	(11) 6914 9638
Sat Net	Rastreador GSM Sat Net	GPS	GSM/GPRS	(11) 5645 4040

Satcar	Satcel GSM	GPS	GSM/GPRS	(41) 3019 7080
Sattélite	Sattélite IV	GPS	Celular GSM/GPRS	(11) 6225 1045
Seecomm	Fleet Control	GPS	Celular GSM/GPRS	(11) 3819 5959
Segsat	GPS Plus	GPS	GSM/GPRS	(81) 3424 5555
Sertell	Rastrus	GPS	Celular GSM	(81) 3303 2067
SIM	SIM GPS/GSM	GPS	CELULAR GSM	(11) 2199 0700
Skytrack	Skytrack Net 1.0	GPS	Celular GSM/GPRS	(11) 5041 1961
Staytrack	Staytrack I	GPS	GSM/GPRS	(79) 3214 8897
TecnoSat	TecnoSat (MTCH 400)	GPS	GPRS	(81) 3465 0699
TecnoSat	TecnoSat (MTCH 300)	GPS	TDMA	(81) 3465 0699
Telecom Track	Telecom Track II	GPS	GSM/GPRS	(31) 2103 1700
Tracsat	Tracsat	GPS	Celular	(41) 3028 3131
TRACSAT	TRACSAT	GPS	Celular	(41) 3028 3131
Unitrac	Unitrac GSM	GPS	GSM / GPRS	(21) 2189 8080
Vigsat	Rastreador Vigsat	GPS	CDMA	(21) 2567 4718
Wise Telecom	Rastreador FMS C	GPS	Celular CDMA / 1XRTT	(11) 3073 0404
Car System	Localizador Car System	ERB	Celular	(11) 5645 5000
Locatorone	Locator One Plus	ERB	Celular	(19) 3255 8963
ProtectSat	Protect 150	ERB	Celular	(81) 3425 0350
Scania	Íris	GPS	Globalstar	(11) 4344 8897
Sascar	Sascar Celular	ERB	Celular	0300 789 6004
Sascar	Sascar GPS / Sascar GSM	GPS	Celular / Celular GSM	0300 789 6004
Sat Company	Lock Sat	ERB	Celular	(11) 6914 9638
Segsat	GSM PLUS	ERB	Celular	(81) 3424 5555
Segsat	Compacto	ERB	Celular	(81) 3424 5555
SITRACK		GPS	Inmarsat D+ e TDMA e GSM	(11) 32721851
STI	STI SAT II	GPS	Globalstar/Celular GPRS	(19) 3641 6555
Satcar	Satcel / SATCOMM	GPS	Celular/ Orbicomm	(41) 3019 7080
Sertell	Rastrus	GPS	Celular GSM	(81) 3301 8444
Sitrack	Sitrack	GPS	Celular	(31) 3272 1851
Skytrack	Skytrack	GPS	Celular	(11) 5041 1961
TecnoSat	TecnoSat (Kit ERB)	ERB	Celular	(81) 3465 0699
TECBLOCK		GPS	Celular	(11) 38648255
TecnoSat	MTCH300	GPS	Celular	(81) 3465 7198
Teletrim	Stop Car Localizador	ERB	Celular	(11) 2148 2700
TRACSAT	TRACSAT	GPS	Celular	(41) 3028 3131
TRMSAT	Satplus	GPS	INMARSAT ou ORBCOMM ou GPRS	(48) 2108 5050
TRMSAT	Rastresat	GPS	Orbicomm	(48) 346 2050
Volvo	Volvo Link	GPS	Orbicomm	(41) 317 8111