



**COPPE/UFRJ**

POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS EM AMBIENTES  
EXTERNOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA WI-FI E REDES NEURASIS ARTIFICIAIS.

Cezar Henrique Veiga da Costa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadores: Luiz Landau

Gerson Gomes Cunha

Rio de Janeiro

Abril de 2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS EM AMBIENTES  
EXTERNOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA WI-FI E REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS.

Cezar Henrique Veiga da Costa

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

---

Prof. Luiz Landau, D.Sc.

---

Prof. Gerson Gomes Cunha, D.Sc.

---

Prof. José Luis Drummond Alves, D.Sc.

---

Dr<sup>a</sup>. Maria Célia Santos Lopes, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL DE 2010

Costa, Cezar Henrique Veiga

Posicionamento geográfico de dispositivos móveis em ambientes externos utilizando a tecnologia Wi-Fi e Redes Neurais Artificiais/ Cezar Henrique Veiga da Costa – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

XVII, 100p.: il.; 29,7 cm

Orientadores: Luiz Landau

Gerson Gomes Cunha

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2010.

Referencias Bibliográficas: p. 82–90.

1.Sistema de posicionamento Outdoor. 2. Redes Neurais Artificiais. 3. Redes Sem Fio Wi-Fi. 4. Realidade Aumentada.  
I. Landau, Luiz *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

## DEDICATÓRIA

*À base de tudo. Minha querida Avó.*

*Ao autor mais referenciado tanto na minha vida pessoal quanto na profissional. Meu  
melhor amigo. Meu pai.*

*A minha querida Mãe (In Memoriam). Com todo o carinho de um filho te ama muito e  
sente muita saudade dos nossos bons momentos juntos.*

*Ao meu “Norte”, meu porto seguro e minha alegria. Minha amada esposa.*

*Ao nosso tão desejado (a) e esperado filho(a).*

## **Agradecimentos**

Aos meus orientadores professores Luiz Landau e Gerson Gomes Cunha pela confiança e oportunidade de ingressar no grupo GRVa do laboratório LAMCE, fato muito desejado e que mudou minha vida, pela orientação, conselhos, incentivo, boa-vontade e sempre disponibilidade. Por tornar possíveis os testes, disponibilizando todo recurso: computacional, equipamentos e acesso livre ao canteiro de obra. Itens essenciais para a realização dos testes de campo.

Ao professor Gerson, pela confiança incondicional, pelo companheirismo, transmissão das experiências profissionais, bom humor, por acreditar em mim, às vezes mais do que eu.

À Dra. Maria Célia Lopes, pela participação na banca, pelos conselhos, dicas, incentivos, compreensão e etc. Enfim, por estar sempre pronta para ajudar a qualquer momento.

Ao professor José Luis Drummond Alves pela participação na banca, incentivo e disponibilidade.

Aos meus coordenadores por permitirem que eu me dedicasse exclusivamente a essa Dissertação, além de manter um ambiente de trabalho tão amistoso e produtivo.

Ao D.Sc. Carlos Henrique Beisl pela ajuda e apoio nas definições na área de cartografia.

Aos meus pais, pela Vida, pelos ensinamentos diários com atos e palavras, que formaram a minha conduta profissional e o meu caráter. Pela convivência, paciência, amizade incondicional ...

Minha amada esposa, obrigado por ser uma pessoa tão meiga, amiga, companheira, batalhadora, fiel, honesta entre outras tantas qualidades. Por respeitar os meus momentos de silêncio. Por compreender as minhas ausências em eventos familiares e pessoais, por acompanhar os meus devaneios, pelos “*Biscrock*” a cada nova descoberta mesmo que não tenha compreendido completamente o que eu falava. Enfim obrigado por você existir na minha vida.

Vovó, pelo carinho e amor de sempre. Por ser uma referência de sabedoria, coragem, lucidez e superação.

Aos meus tios, primos, avós e padrinhos tão queridos, bem como sogros, cunhados e sobrinhos e demais familiares obrigado pelo incentivo e apoio incondicional.

A minha querida Tia Dirce, minha segunda Mãe, pelo carinho especial, por estar sempre tão próxima com tanta alegria, boa energia e motivação.

A minha irmã do coração e prima de sangue Márcia, por sempre demonstrar grande alegria com toda e qualquer das minhas conquistas, preocupação e ajuda nos tropeços da vida. Por estar sempre disponível, pelo carinho de sempre e sorriso contagiante.

Ao André Barbosa e Paula Faragó pelo convite e indicação para trabalhar nos projetos do GRVa, pelo incentivo e ajuda ao longo de todo o processo.

Amigos do GRVa pelo incentivo, motivação e preocupação por este trabalho. Pelo companheirismo, amizade e alto astral no nosso convívio diário. Aos amigos Marcos Machado e André Andrade pela ajuda e força (literalmente) na preparação em campo para a coleta de dados. Ao amigo Mario (Ribmalu) no auge dos seus “4.951 anos”, por compartilhar seus conhecimentos nas disciplinas ao longo deste Mestrado e nos trabalhos do GRVa, pela sua atenção e preocupação com a minha dissertação, pelo companheirismo e disponibilidade de todas as horas.

Aos amigos do Colégio Republicano, pelo incentivo, amizade, carinho e bons pensamentos. Em especial as diretoras Professoras Silva Leite e Dida Rangel, principalmente pela compreensão, no sentido mais amplo da palavra, dentre outros tantos sentimentos recebidos em meu coração.

Aos operários da RGB Engenharia, em especial ao José Egidio, José Francisco, João Carlos, Francisco e Fabiano pela disponibilidade, gentileza e pronto atendimento as minhas solicitações, providenciando todo suporte (elétrico, estrutural e etc) para colocação dos pontos de acesso.

Aos funcionários da Secretaria Acadêmica, em especial a Beth, Jairo e Ana pela gentileza, disponibilidade, apoio e atenção que contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos os professores que tive a honra de compartilhar os seus conhecimentos.

À UFRJ/COPPE pelo excelente e internacionalmente reconhecido curso de pós-graduação do Programa de Engenharia Civil (PEC) que tornaram possível a realização deste trabalho.

Ao governo brasileiro por fornecer suporte para a realização deste curso de mestrado com gratuidade e alta qualidade.



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

POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS EM AMBIENTES  
EXTERNOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA WI-FI E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS.

Cezar Henrique Veiga da Costa

Abril/ 2010

Orientadores: Luiz Landau  
Gerson Gomes Cunha

Programa: Engenharia Civil

Este trabalho apresenta um estudo para localização de dispositivos móveis em ambientes externos, utilizando as intensidades dos sinais dos pontos de acesso da rede sem fio Wi-Fi. Para o reconhecimento dos padrões de entrada e estimar o posicionamento, foi realizado o treinamento supervisionado com as Redes Neurais Artificiais (RNA), apresentando as intensidades dos sinais dos pontos de acesso como entrada e associando-as as coordenadas do GPS-RTK como dados desejáveis de saída. Os testes foram realizados em um caso real. São apresentados os estudos preliminares do comportamento das intensidades do ponto de acesso em um ambiente controlado e em campo aberto, dentro e fora do horário útil da obra. Ainda nos estudos preliminares, foi analisado o comportamento e a confiabilidade do adaptador de rede sem fio padrão do equipamento utilizado. Em um segundo momento, são apresentados estudos dos testes em campo aberto com e sem obstáculos utilizando as RNA para aferir o posicionamento e com isto verificar o comportamento e a precisão do sistema no decorrer da construção. Os resultados experimentais em ambos os testes tiveram um bom grau de precisão, muito superior a um GPS comum chegando no melhor caso a 82% dos testes com precisão de até 1 metro. Portanto, os resultados apontam ser viável a utilização da tecnologia Wi-Fi para a elaboração de um sistema de posicionamento com bom grau de precisão sem a necessidade de outros equipamentos agregados ao dispositivo móvel.

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

OUTDOOR GEOGRAPHICAL POSITIONING OF MOBILE DEVICES USING WI-FI AND  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TECHNOLOGY

Cezar Henrique Veiga da Costa

April/ 2010

Advisors: Luiz Landau

Gerson Gomes Cunha

Department: Civil Engineering

This work presents a study for locating mobile devices outdoors, using the signal strengths of Wi-Fi Wireless Network access points. For the recognition of input patterns and estimate the positioning, supervised training was conducted with Artificial Neural Networks (ANN), showing the signal strengths from access points as input and associating them with the coordinates of the RTK-GPS data as desired output. The tests were performed on a real case. Preliminary studies are presented with the behavior of the access point strengths in a controlled environment and in an open field, both within and outside the business work hours. Still in preliminary studies, it was analyzed the behavior and reliability of wireless network adapter standard equipment. In a second step, studies of open field trials with and without obstacles are presented using the RNA to assess the positioning and therefore checking the behavior and accuracy of the system during the construction. Experimental results on both tests had a good degree of accuracy, much better than an ordinary GPS reaching at best 82% of tests with precision of up to 1 meter. Thus the results indicate the viability of using the Wi-Fi technology for the development of a positioning system with a good degree of accuracy without the need for other equipment added to the mobile device.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<i>1.1</i> <b>Motivação.....</b>	<b>4</b>
<i>1.2</i> <b>Justificativa.....</b>	<b>5</b>
<i>1.3</i> <b>O projeto Núcleo Avançado de Visualização (NAV).....</b>	<b>5</b>
<i>1.3.1</i> Apresentação .....	5
<i>1.3.2</i> Descrição do Sistema .....	6
1.3.2.1. Módulo Pessoal .....	6
1.3.2.2. Módulo de Posicionamento .....	6
1.3.2.3. Módulo de Processamento.....	7
<i>1.4</i> <b>Objetivo.....</b>	<b>7</b>
<i>1.4.1</i> Objetivos específicos.....	8
<i>1.5</i> <b>Organização da Dissertação .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 2 ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>10</b>
<i>2.1</i> <b>Técnicas de posicionamento em ambientes internos .....</b>	<b>10</b>
<i>2.1.1</i> Triangulação.....	10
<i>2.1.2</i> Proximidade .....	12
<i>2.1.3</i> Análise do ambiente .....	13
<i>2.1.4</i> Sistema de localização de ambientes interiores baseados em DANN em redes Wi-Fi .....	14
<i>2.1.5</i> Sistema de localização veicular em tempo real .....	17
<i>2.1.6</i> O Trabalho RADAR.....	18
<i>2.1.7</i> A Aplicação Comercial Ekahau RTLS.....	19
<i>2.2</i> <b>Técnicas de posicionamento em ambiente externo.....</b>	<b>20</b>
<i>2.2.1</i> Aplicações comerciais de navegação com GPS .....	20
<i>2.2.2</i> Fusão de sensores .....	21
<b>CAPÍTULO 3 FUNDAMENTAÇÃO TECNOLÓGICA.....</b>	<b>22</b>
<i>3.1</i> <b>Redes sem fio Wi-Fi.....</b>	<b>22</b>

<b>3.2</b>	<b>Redes Neurais Artificiais .....</b>	<b>24</b>
3.2.1	Aprendizagem .....	25
3.2.1.1.	Tipos de Aprendizado .....	25
3.2.2	Rede Neural de Regressão Generalizada.....	26
3.2.3	Back–Propagation (BP).....	27
<b>3.3</b>	<b>Realidade Aumentada.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>Global Position System (GPS).....</b>	<b>29</b>
<b>3.5</b>	<b>Cinemática em Tempo Real (RTK) .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Conceitos de mapa, carta, folha e quadrícula.....</b>	<b>32</b>
<b>3.7</b>	<b>Sistema de coordenada UTM .....</b>	<b>33</b>
<b>3.8</b>	<b>Ferramentas utilizadas .....</b>	<b>34</b>
3.8.1	Software NeuroGenetic Optimizer .....	34
3.8.2	Software Statistica <i>Suite</i> .....	35
3.8.3	Software Network Stumbler .....	36
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>A concepção do sistema .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2</b>	<b>Primeira etapa – avaliações preliminares .....</b>	<b>40</b>
4.2.1	Avaliação do comportamento do sinal dos pontos de acesso dentro de um ambiente interno e controlado. ....	40
4.2.2	Avaliação do adaptador de rede sem fio padrão.....	41
4.2.3	Avaliação do comportamento do sinal do ponto de acesso na área da obra em um percurso determinado com e sem operários trabalhando.....	43
4.2.4	Avaliar o comportamento dos pontos de acesso dispostos em lugares fixos ao redor da obra.....	44
4.2.5	Implementação de sistema de posicionamento sem a utilização de RNA .....	46
<b>4.3</b>	<b>Segunda etapa.....</b>	<b>47</b>
4.3.1	O sistema de captura dos dados.....	47
4.3.2	Procedimento de análise dos dados .....	50
<b>4.4</b>	<b>Equipamentos utilizados no experimento .....</b>	<b>51</b>

<b>CAPÍTULO 5 METODOLOGIA DOS TESTES DE CAMPO DA SEGUNDA ETAPA.....</b>	<b>52</b>
5.1 Introdução.....	52
5.2 Premissa para avaliação da precisão dos resultados.....	53
5.3 Testes das intensidades dos Pontos de Acesso perfilados em campo aberto. ....	54
5.4 Testes em campo aberto sem obstáculos .....	55
5.5 Testes em campo aberto com obstáculos.....	56
5.6 Teste de precisão do GPS comum com o GPS-RTK.....	57
<b>CAPÍTULO 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
6.1 Análise das intensidades dos sinais em campo aberto.....	58
6.2 Análise dos resultados da RNA .....	65
6.2.1 Teste com Pontos de Acesso em linha reta.....	65
6.2.2 Teste em campo aberto sem obstáculos.....	67
6.2.3 Teste em campo aberto com obstáculos .....	69
6.3 Comparação da precisão do GPS no modo RTK x GPS Holux.....	73
<b>CAPÍTULO 7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>91</b>

## Lista de figuras

Figura 01 – Tela do sistema \$GPGGA <i>Transmitter</i> de captura dos dados dos GPS e do rastreador. ....	7
Figura 02 – Histograma das principais técnicas de posicionamento com rede sem fio .....	10
Figura 03 – Ilustração da técnica de triangulação .....	11
Figura 04 – Método de medição de ângulo .....	12
Figura 05 – Exemplo de leitor e tag de RFID.....	13
Figura 06 – Configuração do local de teste .....	15
Figura 07 - Ilustração do protótipo do sistema de localização veicular .....	17
Figura 08 – Mapa do andar onde foram feitos os testes do projeto RADAR.....	18
Figura 09 – Fotos dos modelos Wi-Fi Tag .....	19
Figura 10 – Modelos de navegadores GPS comerciais .....	20
Figura 11 – Protótipo utilizado no trabalho.....	21
Figura 12 – Modelo do neurônio artificial McCulloch–Pitts. ....	24
Figura 13 – Topologia da GRNN. ....	27
Figura 14 – Tela do sistema de RA. ....	28
Figura 15 – Tela do Sistema de RA sobre o Corpo Humano. ....	29
Figura 16 – Ilustração do funcionamento do GPS.....	30
Figura 17 – Ilustração do funcionamento do GPS–RTK.....	31
Figura 18 – Sistema UTM .....	34
Figura 19 – Tela do NGO versão 32250.....	35
Figura 20 – Tela do software STATISTICA com os gráficos estatísticos dos testes em campo aberto.....	36
Figura 21 – Tela do software NetStumbler versão 0.4.0.....	37
Figura 22 – Fluxograma do sistema .....	40
Figura 23 – Figura com os gráficos dos dois adaptadores.....	42
Figura 24 – Percorso percorrido em 24/03/08 plotado no <i>Google Earth</i> .....	44
Figura 25 – Locais dos pontos de acesso na obra.....	45
Figura 26 – Telas dos sistemas proposto neste item e o <i>PeopleMonitor</i> .....	46
Figura 27 – Tela do sistema de configuração do <i>Receiver</i> da TOPCON. ....	47

Figura 28 – Tela do sistema de captura dos dados. ....	49
Figura 29 – Fluxograma da rotina da leitura dos sinais dos pontos de acesso .....	50
Figura 30 – Obra do LabCog em março de 2008. ....	52
Figura 31 – Obra do LabCog em outubro de 2009.....	52
Figura 32 – Preparação do cenário do 1º teste da segunda fase. ....	55
Figura 33 – Preparação do cenário do teste em campo aberto e sem obstáculos. ....	56
Figura 34 – Coleta de dados no cenário do teste em campo aberto com obstáculos.....	57
Figura 35 – Detalhe do obstáculo colocado em frente ao AP_05. ....	57
Figura 36 – Detalhe do obstáculo colocado em frente ao AP_06. ....	57
Figura 37 – Preparação dos pontos de acesso para a coleta de dados. ....	58
Figura 38 – Histograma com as intensidades gravadas no ponto zero.....	60
Figura 39 – <i>Box Plot</i> com as intensidades gravadas no ponto zero.....	61
Figura 40 – Histograma com as intensidades gravadas a doze metros dos APs. ....	63
Figura 41 – <i>Box Plot</i> com as intensidades gravadas a doze metros dos APs. ....	64
Figura 42 – Plotagem no Google Earth do melhor ponto observado no teste. ....	72
Figura 43 – Plotagem no Google Earth do pior ponto observado no teste.....	73
Figura 44 – coleta simultânea das coordenadas dos GPS.....	74
Figura 45 – Detalhe mostrando o GPS Holux. ....	74
Figura 46 – Imagem do <i>Google Earth</i> com a plotagem das coordenadas dos dois tipos de GPS.....	75
Figura 47 – Histograma com a distribuição das distâncias entre as coordenadas. ....	77
Figura 48 – Foto do Holux M-1200.....	92
Figura 49 – Estação Base e receptor Rover sendo utilizados na obra do LabCog. ....	94
Figura 50 – Foto frontal do Ponto de Acesso Zinwell sendo utilizado em testes.....	97
Figura 51 – Foto da parte de trás do Ponto de Acesso Zinwell sendo utilizado em testes...97	
Figura 52 – adaptador Trendnet modelo TEW-424UB .....	100

## Lista de tabelas

Tabela 01 – Tabela comparativa com as tecnologias Wi-Fi e suas respectivas frequências e valores máximos de transferência de dados. ....	23
Tabela 02 – Tabela com os dados desejados, previsão e o erro em metros. ....	65
Tabela 03 – Tabela com os dados percentuais das faixas de erro em metros.....	66
Tabela 04 – Tabela com os dados desejados, previsão e o erro em metros. ....	68
Tabela 05 – Tabela com os dados percentuais das faixas de erro em metros na GRNN. ....	69
Tabela 06 – Tabela com os dados desejados, previsão e o erro em metros. ....	70
Tabela 07 – Tabela com os dados percentuais das faixas de erro em metros.....	71
Tabela 08 – distância entre as coordenadas do GPS-RTK e Holux calculadas utilizando as coordenadas UTM e a ferramenta do <i>Google Earth</i> .....	76



## Lista de gráficos

Gráfico 01 – Comparação entre a técnica proposta e as técnicas WKNN, ML e MLP. ....	16
Gráfico 02 – Gráficos com as intensidades dos pontos de acesso em um ambiente controlado. ....	41
Gráfico 03 – Comparativo da interferência no sinal de um mesmo ponto de acesso com e sem operários trabalhando .....	43
Gráfico 04 – Gráfico do comportamento das intensidades dos pontos de acesso em pontos fixos na área da obra.....	45
Gráfico 05 – Comparativo das intensidades dos sinais dos pontos de acessos em março de 2008 e outubro de 2009. ....	53
Gráfico 06 – Gráfico com os dados no ponto zero. ....	59
Gráfico 08 – Gráfico com as intensidades gravadas a doze metros dos APs. ....	62
Gráfico 09 – Gráfico com a faixa de erro em metros no campo aberto perfilados. ....	67
Gráfico 10 – Gráfico com o histograma e a disposição da faixa de erro em metros em campo aberto sem obstáculos da GRNN e BP. ....	69
Gráfico 11 – Gráfico com a faixa de erro em metros no campo aberto com obstáculos.....	72
Gráfico 12 – Gráfico com as coordenadas e pontos. ....	75

## Lista de abreviações e Siglas

AP	<i>Access Point</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
DGPS	<i>Differential GPS</i>
DoD	<i>United States Department of Defense</i>
GLONASS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Position System</i>
GRNN	<i>General Regression Neural Network</i>
NAV	<i>Núcleo Avançado de Visualização</i>
NMEA	<i>National Marine Electronics Association</i>
RA	Realidade Aumentada
RFID	<i>Radio Frequency IDentification</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
RNA	Redes Neurais Artificiais
RSSI	<i>Received Signal Strength Indication</i>
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>

## Capítulo 1 Introdução

A necessidade da localização de pessoas e equipamentos dentro de edificações (*indoor*) ou em ambientes externos (*outdoor*) torna-se, a cada dia, mais necessária e amplamente utilizada em diferentes áreas e aplicações. Alguns exemplos da utilização em ambientes internos são: a detecção da localização dos produtos armazenados em um galpão, localização de pessoal ou equipamentos médicos em um hospital, a detecção de localização dos bombeiros em um atendimento ou ainda detecção da localização de cães farejadores treinados para encontrar explosivos em um edifício, entre outros, utilizam estas técnicas (LIU, H. *et al.*, 2007). Já em ambientes externos as aplicações são: agricultura (SUN, H. *et al.*, 2010), área militar (MANOHARAN, S., 2009), na aviação (AKALA, A.O. *et al.*, 2009) entre outras.

Várias tecnologias e algoritmos de localização em ambos os casos têm sido propostos com o objetivo de criar localizadores que forneçam o posicionamento e o rastreamento geográfico de dispositivos móveis com diferentes graus de precisão tornando possível, com isto, o desenvolvimento de aplicativos que utilizem este posicionamento para as mais diversas aplicações.

Em ambientes internos uma das tecnologias utilizadas é a Wi-Fi e as principais técnicas dessa tecnologia são: triangulação, análise do ambiente e proximidade (LIU, H. *et al.*, 2007).

A utilização dos Pontos de Acesso no sistema de localização agrega como benefício a obtenção de uma rede sem fio, que também irá proporcionar aos usuários estarem sempre conectados à rede. BAHL, P. e PADMANABHAN, V. N. (2000) relatam que é possível construir uma classe interessante de localização de serviços de conhecimento agregando valor a esta rede.

Já em ambientes externos o *Global Position System* (GPS), GPS-RTK (*Real-time Kinematic*) são amplamente utilizados na maioria das vezes para fins militares ou

aplicações de navegação de tráfego (WAGNER, M., 2005). Além do GPS e GPS-RTK, técnicas por rádio frequência utilizando as antenas de celulares (TAKENGA, C., KYAMAKYA, K., 2007) e (BEHESHTI, B.D., 2007) também é utilizada.

Outras técnicas são a Fusão de Sensores (SCHALL, G. *et al.*, 2009) e (MIYAKI, T. *et al.*, 2007), onde pretende-se aproveitar o melhor de cada sensor envolvido em cada situação objetivando uma melhor precisão e sistemas híbridos (RIBO, M. *et al.*, 2002). Trabalhos que se propõem a fornecer um posicionamento tanto indoor quanto outdoor também foram encontrados na literatura. Um deles é o chamado Place Lab (LAMARCA *et al.*, 2005) que propõe uma localização *indoor* e *outdoor* para dispositivos móveis com resultados de 15 a 20 metros na área urbana e em torno de 30 metros na suburbana com uma baixa quantidade de pontos de acessos.

O GPS-RTK é a melhor solução quando a aplicação exige alta precisão (TAKENGA, C., KYAMAKYA, K., 2007), pois seu nível de precisão chega até a 2 cm (TOPCON, 2004). O problema desse dispositivo está no custo, em torno de US\$ 40.000,00 cada par (Base e Receptor). Além disto, o peso (1.74Kg) e dimensões (159mm x 172mm x 88mm) do aparelho não tornam confortável a sua utilização no deslocamento em campo.

As Redes Neurais Artificiais são modelos matemáticos que se assemelham às estruturas neurais biológicas e que têm capacidade computacional adquirida por meio de aprendizagem e generalização. O aprendizado em RNAs está normalmente associado à capacidade de as mesmas adaptarem os seus parâmetros como consequência da sua interação com o meio externo. O processo de aprendizado é interativo e por meio dele a RNA deve melhorar o seu desempenho gradativamente à medida que interage com o meio externo. As RNAs são capazes de resolver, basicamente, problemas de aproximação de funções, predição, classificação e otimização. PINHEIRO, C.A.R., (2005), comenta que no aprendizado supervisionado a Rede Neural aprende ou reconhece o padrão da entrada associado ao conhecimento da saída. Esta afirmação vem reforçar uma das premissas dessa Dissertação. Aplicações conhecidas de RNAs são: o reconhecimento de caracteres, de voz, predição de séries temporais, modelos de processos e controle (BRAGA, A.P. *et al.* 2003).

Outras aplicações são o reconhecimento de faces em fotos (GOUVEIA, W. R., 2010) navegação de robô móvel (HARB, M. *et al*, 2008), previsão de visibilidade e teto de aeroportos (ALMEIDA, M.V., 2009).

Segundo KIRNER, C., TORI, R. (2006), a Realidade Aumentada (RA), de maneira sucinta, é o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real. A RA tem sido utilizada em algumas áreas, como por exemplo, educação escolar (TAN, K.T.W. *et al.*, 2008), treinamento na área médica (PRETTO, F. *et al.*, 2009) (BLUM,T. *et al.*, 2009) e inclusive na Engenharia Civil (FERNANDES, G. A. e CUNHA, G.G., 2009), (HAMMAD, A., WANG, H., MUDUR, P.S., 2009), (BEHZADAN, A.H. e KAMAT, V.R., 2009) e (SCHALL, G., MENDEZ, E., SCHMALSTIEG, D., 2008), que está relacionado às pesquisas do Grupo de Realidade Virtual Aplicada.

A proposta desta Dissertação é estudar a viabilidade do desenvolvimento de um sistema de posicionamento 2D de dispositivos móveis em ambientes externos utilizando as tecnologia de rede sem fio Wi-Fi com uma precisão superior a um GPS comum, com até 1 metro de precisão na maioria dos posicionamentos calculados. Com esse posicionamento, fornecer a coordenada com boa precisão sem a necessidade de outros equipamentos agregados ao dispositivo móvel, tornando-se um sistema com maior mobilidade. Podendo assim, ser utilizada no canteiro de obra tanto para posicionamento quanto para RA voltada para construção civil.

Para o reconhecimento dos padrões de entrada e prever o posicionamento, será realizado o treinamento supervisionado com as Redes Neurais Artificiais (RNA), apresentando as intensidades dos sinais dos pontos de acesso como entrada e associando-as as coordenadas do GPS-RTK como dados desejáveis de saída.

O ambiente do experimento desse trabalho foi realizado no canteiro de obra do prédio do Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de interfaces Humano-Computador para Amazônia Cognitivo (LabCog) vinculado ao Laboratório de Métodos Computacionais

em Engenharia (LAMCE) da COPPE/UFRJ, localizado no Parque Tecnológico da UFRJ. O estudo foi realizado de Março de 2008 à Novembro de 2009 e durante este tempo foram feitas coletas de dados no terreno da obra, durante o horário útil de trabalho que é de 07h30min às 16h30min.

## **1.1 Motivação**

Na construção civil, observa-se que o desperdício de material, tempo e mão-de-obra são provocados pelo retrabalho, que ocorre somente para corrigir serviços em não-conformidade com o especificado, que é originado por alguns fatores entre eles pelo erro na execução (MALDANER, S.M., 2003) e que atrasam a conclusão da obra, além de aumentar o custo final da mesma.

O projeto Núcleo Avançado de Visualização (NAV) tem como um dos seus objetivos, minimizar o problema do retrabalho através do desenvolvimento de algumas soluções. Esse projeto possui três módulos, sendo o presente estudo associado ao módulo de posicionamento que compreende um conjunto de tecnologias complementares para aumentar a precisão na localização do usuário no cenário virtual.

A Realidade Aumentada na obra pode proporcionar ao engenheiro a visualização e demonstração “in loco” aos operários a perspectiva dos diferentes tipos de plantas (baixas, fachadas, cortes, hidráulica, elétrica e etc.) em 3D e tamanho real, bem como a sua localização, em tempo real, sobreposta à planta que está sendo analisada. Um exemplo disto pode ser visto no trabalho de FERNANDES, G. A., CUNHA, G.G. (2009) que tem como objetivo visualizar todas as plantas em 3D (hidráulicas, elétricas, estrutural, etc) sobreposta na imagem real da obra. Outro trabalho é apresentado por SCHALL, G., MENDEZ, E., SCHMALSTIEG, D. (2008) que destina-se principalmente à visualização da infraestrutura subterrânea para as empresas. Além disto, uma RA com elevada precisão, poderá servir também como verificação para o acompanhamento da obra.

Com isto, a Realidade Aumentada pode ser uma alternativa de suporte às atividades de acompanhamento do processo de construção civil, minimizando assim os erros na

execução de uma construção. Tal tecnologia permitirá visualizar os diversos detalhes e fases do projeto em uma maquete virtual sobreposta aos elementos reais no canteiro de obras. Além disso, técnicos e projetistas podem se beneficiar de tais recursos para transmitir suas idéias e concepções de forma mais clara e acessível aos operários e gerentes.

## **1.2 Justificativa**

Um dos pontos relevantes a serem observados para a utilização da Realidade Aumentada na construção civil é o posicionamento geográfico com o máximo de precisão. Este posicionamento servirá tanto para a RA como também para localização do usuário na área da obra. Neste contexto, o GPS-RTK é o dispositivo mais indicado, porém, a utilização dessa solução concomitante por vários usuários em RA torna o custo muito alto, o que se transforma uma barreira a transpor.

Este trabalho investigará se a junção das técnicas de RNA com a utilização da infraestrutura da rede sem fio Wi-Fi possibilitam uma solução de baixo custo, tendo em vista que os pontos de acesso já estarão instalados no canteiro de obra, com um bom nível de precisão.

Uma vez que o usuário irá transitar pela obra utilizando o dispositivo móvel por muitas horas do dia, outro ponto diferenciado deste trabalho é que o usuário não necessitará de nenhum outro dispositivo acoplado ao dispositivo móvel, permitindo assim uma maior liberdade, comodidade e facilidade de locomoção.

## **1.3 O projeto Núcleo Avançado de Visualização (NAV)**

### **1.3.1 Apresentação**

O NAV configura-se como uma unidade móvel de apoio computacional a simulações com auxílio de tecnologia de Realidade Aumentada. Sua concepção prevê além de uma base aos sistemas computacionais de alta performance, instalações adequadas às atividades dos pesquisadores e técnicos, com sanitários, cozinha e dormitório.

Um dos desafios tecnológicos para sistemas de Realidade Aumentada é sua utilização em ambientes abertos para acompanhamento de obras civis. A idéia de uso de tal tecnologia é permitir a visualização dos detalhes em diferentes fases do projeto em uma maquete virtual sobreposta aos elementos reais no canteiro de obras. Além disso, técnicos e projetistas podem se beneficiar de tais recursos para transmitir suas idéias e concepções de forma mais clara e acessível aos operários e gerentes.

### **1.3.2** Descrição do Sistema

O sistema é composto por três módulos principais (módulo pessoal, módulo de posicionamento e módulo de processamento) e sua composição foi definida tomando como base a localização física dos equipamentos, tipo e função.

#### 1.3.2.1. Módulo Pessoal

Corresponde ao conjunto de tecnologias (*software* e *hardware*) diretamente ligadas ao usuário que utilizará as ferramentas de Realidade Aumentada em campo.

#### 1.3.2.2. Módulo de Posicionamento

Compreende um conjunto de tecnologias complementares para aumentar a precisão na localização do usuário no cenário virtual. Esse módulo está relacionado à solução escolhida e apresentada nessa Dissertação.

Serão integradas tecnologias de posicionamento por rádio frequência e posicionamento global (GPS) com funcionamento concorrente.

Atualmente, o sistema de captura dos dados de qualquer GPS e do rastreador utilizados no projeto, são capturados pelo sistema chamado *\$GPGGA Transmitter* desenvolvido por um dos componentes do grupo GRVa na linguagem Java. Este sistema captura, transmite e grava a posição do usuário no Banco de Dados no servidor do NAV.



Este sistema foi utilizado nessa Dissertação para a captura dos dados dos GPS. Na figura 01, observa-se a tela do sistema.



Figura 01 – Tela do sistema \$GPGGA *Transmitter* de captura dos dados dos GPS e do rastreador.

### 1.3.2.3. Módulo de Processamento

Corresponde ao conjunto de equipamentos localizados na unidade central do laboratório (*container*) e utilizados para a geração das imagens (*rendering*) de modelos complexos em tempo real, armazenamento da base de dados (*data server*) e atualização dos modelos.

## 1.4 Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade de um sistema de posicionamento geográfico em ambientes externos utilizando dispositivos móveis, pontos de acesso de baixo custo e técnicas de RNA. Esse posicionamento deverá ter uma precisão superior ao GPS comum e na maiorias das posições estimadas ter uma precisão de até 1 metro. Com isto, fornecer o posicionamento com boa precisão, sem a necessidade de utilização de outros equipamentos agregados ao dispositivo móvel.

### 1.4.1 Objetivos específicos

#### Primeira fase

- Avaliar o comportamento da intensidade do sinal de cada ponto de acesso em um ambiente interno e controlado;
- Avaliar o comportamento e a confiabilidade do adaptador de rede sem fio padrão do equipamento utilizado na coleta de dados;
- Analisar o comportamento dos sinais dos pontos de acesso:
  - Dos pontos de acesso dispostos em lugares fixos ao redor da obra;
  - De um ponto de acesso na área de estudo em um caminho previamente escolhido com e sem operários trabalhando;
- Implementar um sistema de posicionamento outdoor sem a utilização das Redes Neurais Artificiais;

#### Segunda fase

- Criar um sistema de captura dos sinais, coordenadas do GPS e do GPS–RTK;
- Criar uma metodologia de captura de dados para análise;
- Estudar o comportamento do sinal de um ponto de acesso em campo aberto, através da análise dos pontos de acesso colocados em paralelo e captura dos seus sinais em uma linha reta perpendicular aos mesmos;
- Criar uma metodologia de captura de dados para análise;
- Treinar a RNA e aferir o resultado, com os seguintes dados:
  - Dados obtidos com os pontos de acesso colocados em paralelo e captura dos seus sinais em uma linha reta;
  - Dados obtidos em um quadrado de lado 20 metros em campo aberto sem obstáculo;
  - Dados obtidos em na mesma área, porém com obstáculo;
- Avaliar a precisão do GPS comum comparado ao GPS–RTK;

## **1.5 Organização da Dissertação**

Uma breve descrição dos conteúdos dos demais capítulos que compõem essa Dissertação é apresentada a seguir.

O Capítulo II destina-se a discursar sobre algumas técnicas, trabalho e aplicativos comerciais para o posicionamento tanto *indoor* quanto *outdoor*.

O Capítulo III apresenta a fundamentação teórica dos elementos que compõe essa Dissertação, bem como as ferramentas utilizadas.

No Capítulo IV é exposto o desenvolvimento, explicando detalhadamente cada uma das duas etapas: a primeira composta por análises preliminares de dispositivos e comportamento dos pontos de acesso e a segunda o estudo em campo aberto dos sinais com aplicação e treinamento da RNA, além da definição dos equipamentos utilizados.

Encontra-se no Capítulo V a metodologia desenvolvida para coleta dos dados em campo.

No Capítulo VI são apresentadas as análises dos resultados dos testes da segunda etapa do desenvolvimento.

Por último, no Capítulo VII encontramos os resultados e trabalhos futuros.

## Capítulo 2 Estado da Arte

### 2.1 Técnicas de posicionamento em ambientes internos

Segundo LIU, H. *et al.* (2007) em relação a tecnologia Wi-Fi, não existe um bom modelo medir o sinal *indoor*. Exceto a triangulação tradicional, os algoritmos de posicionamento através da análise de cena ou de proximidade são desenvolvidos para atenuar os erros de medição. Cada um tem suas vantagens e desvantagens e com isto, a utilização de mais de um tipo de algoritmo ao mesmo tempo, tende obter um melhor desempenho. As principais técnicas são: triangulação, proximidade e análise do ambiente. Essa última possui um método que em particular será utilizado nessa Dissertação. Na figura 02, pode-se visualizar as técnicas com seus respectivos algoritmos.

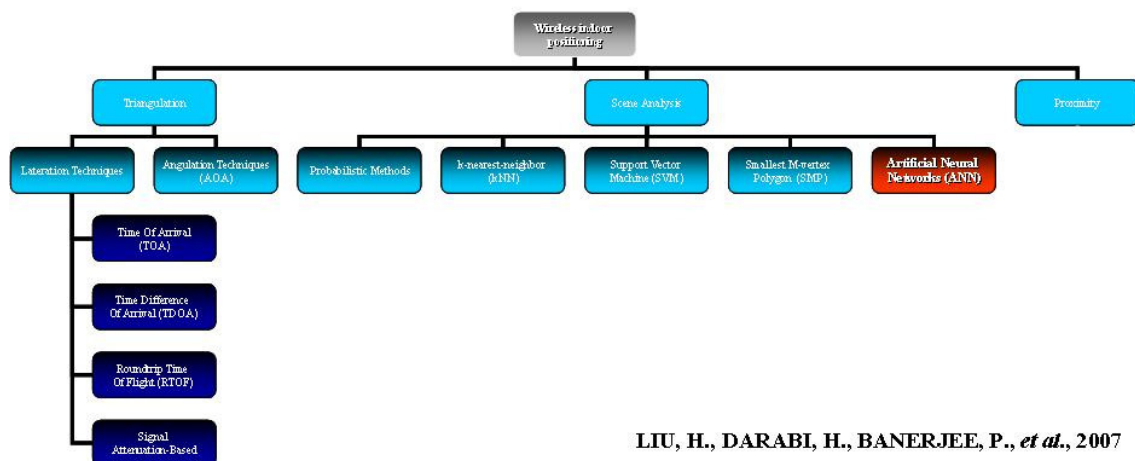


Figura 02 – Histograma das principais técnicas de posicionamento com rede sem fio

Fonte: LIU, H. *et al.* (2007)

#### 2.1.1 Triangulação

GWON, Y., JAIN e R., KAWAHAR T., (2004) definem triangulação como o algoritmo que forma círculos centrados nos pontos de acesso, onde o raio de cada círculo depende da intensidade do sinal medido. O raio é aproximado comparando as medidas adquiridas em tempo real com as informações armazenadas no banco de dados local. Tipicamente o vértice do número de áreas comuns compartilhadas pelos círculos é encontrado usando a solução do sistema de equações e a média das coordenadas dos pontos

que formam a menor área, dá a estimativa de localização final. Esse trabalho possui uma ampla discussão sobre o assunto. Na figura 02, pode-se verificar a área menor formada pelos pontos ABC com o dispositivo móvel no centro, os três pontos de acesso e suas respectivas distâncias.

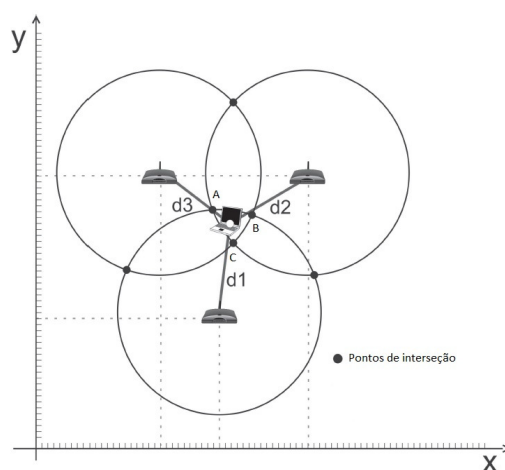


Figura 03 – Ilustração da técnica de triangulação

Fonte: PERES, A. *et al.*

CHEN, Y.T. (2005) complementa explicando que a triangulação utiliza as propriedades geométricas de triângulos para estimar a localização do dispositivo móvel. A triangulação é dividida em subcategorias, incluindo a medida da distância e medida do ângulo. O sistema de medição de distância calcula a posição do dispositivo móvel, medindo a sua distância de várias posições de referência, calculando a posição do dispositivo em duas dimensões, com as medidas de três pontos não colineares. Semelhante ao sistema de medição de distância, ângulos são usados para determinar a posição do dispositivo móvel no método de medidas de ângulo. Em geral, uma medida bidimensional requer duas medições de ângulo e uma medição do comprimento da distância entre os pontos de referência. O método de medição do ângulo, por vezes, pode optar por atribuir uma constante de vetor para referência. Um conjunto de antenas é uma tecnologia excelente para a técnica de medição do ângulo. Múltiplas antenas com a medida de distância conhecida e o tempo de chegada do sinal. Dadas as diferenças no tempo de chegada e na geometria da matriz de recebimento, então é possível calcular o ângulo do qual se originou a emissão. Se

houver elementos suficientes na matriz, o cálculo de medição do ângulo pode ser realizado. A figura 04, apresenta a concepção do método de medição de ângulo.

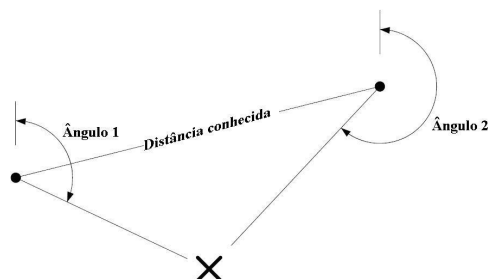


Figura 04 – Método de medição de ângulo

Fonte: Modificada de CHEN, Y.T., 2005.

### 2.1.2 Proximidade

BOUET, M. e SANTOS, A.L. (2008) explicam que essa técnica de localização em ambientes fechados é baseada na proximidade. Esta abordagem se baseia na ideia de quando o dispositivo entra na faixa de rádio de uma única antena, a sua localização é assumida como sendo o mesmo que este receptor. Quando mais de uma antena detecta o dispositivo, o posicionamento é assumido como sendo aquele que recebe o sinal mais forte. Esta abordagem é muito básica e fácil de implementar, no entanto, a precisão é da ordem do tamanho da área de atuação daquela antena. Uma das tecnologias utilizadas nessa técnica é o *Radio Frequency Identification* (RFID). Vários trabalhos utilizam essa tecnologia, como por exemplo, (CHAE S. e YOSHIDA T., 2010), (KHAN, M.A. e ANTIWAL, V.K., 2009), (BOUET, M. e SANTOS, A.L., 2008) e (CARON, F., *et al.*, 2007).

LIONEL, M.N. *et al.*, (2004) esclarecem que o RFID é um meio de armazenar e recuperar dados através da transmissão eletromagnética para um circuito de RF integrado compatível. Um sistema RFID tem vários componentes básicos, incluindo etiquetas (*tags*), leitores, que pode ler dados emitidos das *tags*, e a comunicação entre eles. Leitores e etiquetas RFID utilizam uma frequência de rádio e protocolo definido para transmitir e receber dados. As *tags* são classificadas como:

Passiva - funcionam sem bateria, eles refletem o sinal de RF transmitidos a eles a partir de um leitor e adicionam as informações através da modulação do sinal refletido. As *tags* passivas são usadas principalmente para substituir a tecnologia tradicional de código de barras e são muito mais leves e menos dispendioso do que os *tags* ativos, oferecendo uma vida operacional praticamente ilimitada. No entanto, seu alcance de leitura é muito limitado.

Ativa - contêm um transceptor de rádio e uma bateria tipo *Button cell* que fornece energia ao transceptor. Desde que haja um rádio embarcado na *tags* elas têm um alcance maior do que as *tags* passivas. Uma das utilidades das *tags* ativas são na identificação de unidades de produtos de alto valor que se deslocam através de um processo de montagem industrial. A figura 05 mostra um exemplo de um leitor e *tag* RFID.



Figura 05 – Exemplo de leitor e tag de RFID

Fonte: LIONEL, M.N. *et al.*, (2004)

### 2.1.3 Análise do ambiente

Segundo BOUET, M. e SANTOS, A.L., (2008) a análise do ambiente também é conhecida como localização *fingerprinting* refere-se às técnicas que correspondem a “impressão digital” de alguma característica de um sinal que será utilizado para a localização. Há duas fases para o *fingerprinting*: estado *off-line* e *on-line* (ou *run-time*). Durante a fase *off-line*, uma vistoria no local é realizada e a coordenada de localização e o sinal dos APs nas proximidades são coletados. Durante a fase *on-line*, uma técnica de posicionamento de localização utiliza a intensidade do sinal observada no momento e já

coleta informações para descobrir a localização estimada. O principal desafio para as técnicas baseadas em *fingerprinting* é que a intensidade do sinal recebido pode ser afetada por reflexão e dispersão na propagação em ambientes internos. Existem pelo menos cinco algoritmos de localização de posicionamento baseado em *fingerprinting* utilizando a técnica de reconhecimento de padrões: métodos probabilísticos, *k-nearest-neighbor* (kNN), *support vector machine* (SVM), o *smallest M-vertex polygon* (SMP) e Redes Neurais Artificiais sendo essa última técnica comentada a seguir.

Redes Neurais Artificiais - Durante a fase *off-line*, as intensidades do sinal são capturadas e adotadas como as entradas e as respectivas coordenadas de localização são adotadas como saída para o treinamento da RNA. Após o treinamento, os pesos adequados são obtidos. Geralmente, um *multilayer perceptron* (MLP) com uma camada escondida é usada para o sistema de posicionamento baseado em RNA. O vetor de entrada de intensidade do sinal recebido (RSS) é multiplicado pelo vetor de peso de entrada treinado. O resultado é colocado na função de transferência dos neurônios da camada oculta. A saída desta função de transferência é multiplicado pela matriz de peso da camada escondida. A saída do sistema é um vetor de dois ou três elementos, o que significa que a localização estimada poderá ser de 2-D ou 3-D. Trabalhos foram publicados utilizando essa técnica como, por exemplo, CLARO, P. e CARVALHO, N.B., 2007; STELLA, M. *et al.* 2007 e FANG S.H. e LIN, T.N., 2008. Sendo esse último apresentado no item 3.1.4.

#### **2.1.4** Sistema de localização de ambientes interiores baseados em DANN em redes Wi-Fi

Segundo FANG S.H. e LIN, T.N., 2008, esse trabalho apresenta um novo algoritmo de localização, denominado *discriminant-adaptive neural network* (DANN), que lê o RSS dos pontos de acesso como entradas para inferir a posição do cliente em uma rede Wi-Fi. A idéia central é extrair as informações úteis dos pontos de acesso e transmiti-las dentro de componentes discriminantes (*discriminative components* DCs). Esses componentes transportam as informações úteis para discriminar entre as diferentes posições e classificá-lo pela quantidade da informação. Em seguida é inserido incrementalmente os DCs e as atualizações recursivas dos coeficientes da rede até que nenhuma melhoria adicional é



necessária. A rede realiza a aprendizagem quando os DCs inserido fornece informações suficientes.

O sistema foi desenvolvido e testado em uma aplicação real, localizado em parte de um andar na Universidade Nacional de Taiwan. Na figura 06, pode-se visualizar a área de teste onde a linha pontilhada representa o caminho da coleta de dados, as estrelas indicam os locais e o final dos corredores de testes e os pontos pretos mostram as localizações dos pontos de acesso.

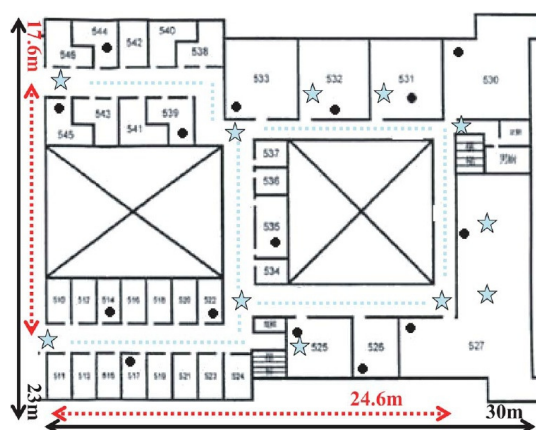


Figura 06 – Configuração do local de teste

Algumas técnicas tradicionais, *weighted-nearest neighbor* (WKNN), *maximum likelihood* (ML) e *Multilayer Perceptron* (MLP), foram implementadas no mesmo teste e os resultados foram comparados. O gráfico 01 apresenta as comparações realizadas do sistema proposto pelos autores e outras três técnicas.

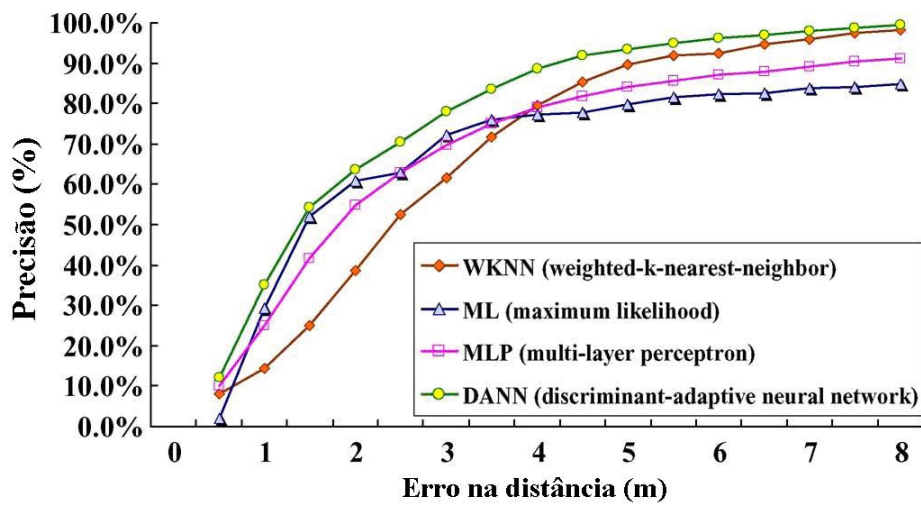


Gráfico 01 – Comparação entre a técnica proposta e as técnicas WKNN, ML e MLP.

Os resultados experimentais indicam que o algoritmo proposto naquele trabalho, possui uma precisão muito mais elevada se comparado com as outras técnicas analisadas e a melhora pode ser atribuída ao fato de apenas a informação útil ser eficientemente extraída para o posicionamento, enquanto a informação redundante é considerada como ruído e descartada.

Assim como nessa Dissertação, esse trabalho utiliza as RNAs para reconhecer os padrões e inferir o posicionamento. A diferença entre os trabalhos é que além do foco dessa Dissertação ser o posicionamento em ambiente externo, o treinamento da RNA é feito apresentando os valores dos sinais dos APs como entrada associando as coordenadas do GPS-RTK como dados de saída desejáveis.

### 2.1.5 Sistema de localização veicular em tempo real

CACERES, M. *et al.* (2009) propõem uma solução utilizando Redes Neurais Artificiais treinada com o mapa do sinal recebido dos pontos de acesso ao redor do veículo. Durante as medições efetuadas no Castelfidardo (uma área com cerca de 700m x 150m) um total de 144 diferentes pontos de acesso foram percebidos, no entanto apenas 95 APs foram utilizados.

Três diferentes campanhas foram realizadas em diferentes momentos do dia, passando por todas as quatro pistas para a formação de banco de dados, incluindo a validação e teste de registros. A fase de treinamento foi realizado no Matlab e a topologia final da RNA possui 190 neurônios de entrada, 15 camadas escondidas e 3 neurônios de saída. Para avaliar a estimativa de erro do local em metros, tanto o DGPS quando as saídas do sistema foram utilizado o Sistema de Projeção UTM coordenado a zona 32 do sistema.

Os erros de localização encontrados utilizando o RMS foram entre 6.89m a 7.02m. Na figura 07, apresenta uma ilustração da configuração do protótipo utilizado nos testes do sistema.

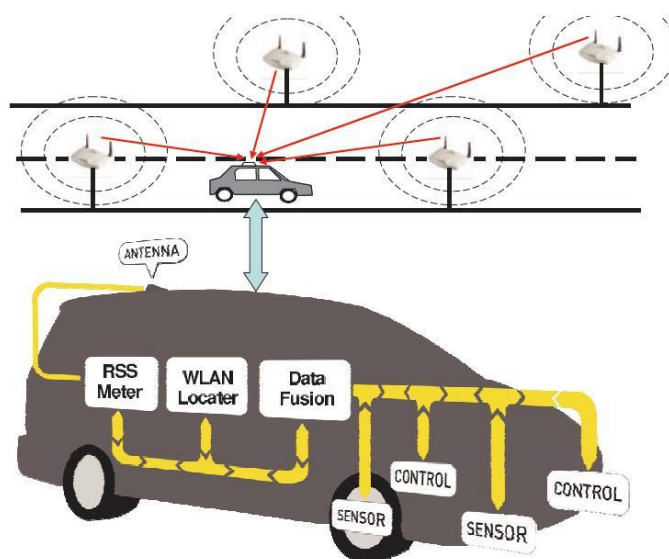


Figura 07 - Ilustração do protótipo do sistema de localização veicular

### 2.1.6 O Trabalho RADAR

Criado pela Microsoft é um dos trabalhos mais referenciados na literatura da área. YOUSSEF, M. e AGRAWALA, A., (2008); LIAO, W. *et al.* (2008); TRAN, Q. *et al.* (2006), ASTRAIN, J.J. *et AL.* (2006), entre outros, citam este trabalho nos seus artigos.

BAHL, P. e PADMANABHAN, V. N., (2000), explicam que ele foi desenvolvido para localizar e rastrear usuários no interior de edificações. Segundo seus autores a resolução mediana do sistema de RADAR está na faixa de 2 a 3 metros, aproximadamente do tamanho de uma sala típica de um escritório o que na época era considerado um alto grau de precisão. O RADAR opera por meio de gravação e processamento de informação de intensidade do sinal em várias estações base posicionada para fornecer uma cobertura sobreposta na área de interesse. Ele combina as modelagens das medições empíricas com propagação do sinal para determinar a localização do usuário e, assim, permitir os serviços e aplicações. Enquanto o método empírico é superior em termos de precisão, o método de propagação do sinal torna mais fácil a implantação. A figura 08 apresenta o mapa onde foi realizado os testes do projeto, com as medidas e localização das estações base (BS).

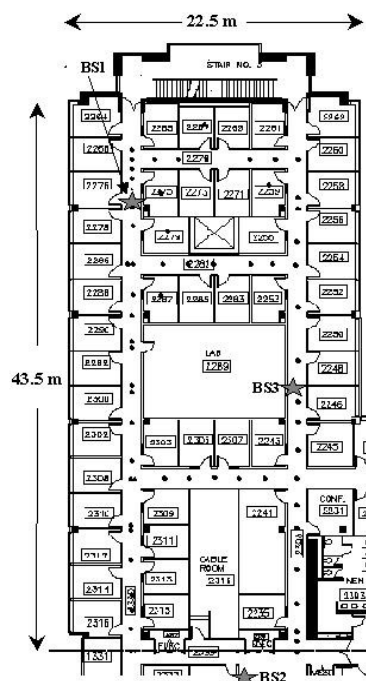


Figura 08 – Mapa do andar onde foram feitos os testes do projeto RADAR.

Os resultados deles indicaram que é possível rastrear os usuários com um alto grau de precisão (para época) e que com isso é possível construir uma classe interessante de localização de serviços de conhecimento, tais como a impressão para a impressora mais próxima agregando, assim, valor a essa rede.

### 2.1.7 A Aplicação Comercial Ekahau RTLS

EKAHAU<sup>1</sup> é uma empresa que desenvolve ferramentas para localização e posicionamento de dispositivos móveis usando a solução Wireless (802.11a/b/g/n).

O *Ekahau Real Time Location Systems* (RTLS) é um sistema totalmente automatizado que monitora continuamente a localização de bens ou de pessoal em uma área. Ele faz isso em tempo real, fornecendo informações aos usuários autorizados, através da rede corporativa, através de software aplicativo ou interfaces de programação. O RTLS normalmente é composto por *tags*, dispositivos de referência para localização das *tags*, redes de dados, software de servidor e de um aplicativo. Ekahau RTLS utiliza a rede Wi-Fi com seus pontos de acesso existentes, com isto reduz o custo total e torna a implantação simples comparada às soluções concorrentes RTLS que requerem dispositivos de referência proprietários e redes de dados.

Os *tags* são pequenos dispositivos Wi-Fi com uma bateria de longa duração. Tem um sensor de movimentos inteligente e aciona o software que envia os dados de localização apenas quando está em movimento ou quando foi transferido para uma nova posição. Isso economiza bateria e minimiza a largura de banda da rede. A figura 09 apresenta fotos com exemplos desses dispositivos.



Figura 09 – Fotos dos modelos Wi-Fi Tag

Fonte: <http://www.ekahau.com/products/real-time-location-system/wi-fi-tags.html>

---

<sup>1</sup> <http://www.ekahau.com>

Seus autores comentam que o sistema possui uma precisão média de 1m, usando técnicas para calibrar o local em que será usado. Esse sistema comercial é muito utilizado por hospitais e indústrias.

STANTCHEV, V. *et al.*, (2008); PAUL, A.S. e WAN, E.A., (2008) e SAGIRAJU, P.K. *et al.*, 2007, entre outros, referenciam esse sistema em seus trabalhos.

## 2.2 Técnicas de posicionamento em ambiente externo

A maioria dos trabalhos na área (CHAE S., YOSHIDA T., 2010), (BEHZADAN, A.H., KAMAT, V.R., 2009), (FANG S.H., LIN, T.N., 2008) entre outros mencionam que para posicionamento em ambiente externo, o *Global Positioning System* (GPS) é o mais utilizado. Outras tecnologias como a utilização das antenas de celulares (TAKENGA, C., KYAMAKYA, K., 2007) e (BEHESHTI, B.D., 2007).

### 2.2.1 Aplicações comerciais de navegação com GPS

Vários dispositivos comerciais utilizam um GPS comum para navegação civil veicular ou marítima. Esses dispositivos geralmente possuem tela *touchscreen* e um sistema de navegação que possui inúmeros recursos tais como: criação de rotas entre dois pontos, localização de pontos de interesse ao redor da localização atual e etc. A figura 10 apresenta dois exemplos veiculares (*Navcity*<sup>2</sup> e *Mio Moov Spirit*<sup>3</sup>) e um marítimo (*Garmin*<sup>4</sup>).



Figura 10 – Modelos de navegadores GPS comerciais

<sup>2</sup> <http://www.navcity.com.br>

<sup>3</sup> <http://www.navegadorguiaquatorrodas.com.br>

<sup>4</sup> <http://www.garmin.com>

### 2.2.2 Fusão de sensores

Essa técnica combina dois ou mais sensores para determinar a posição. No trabalho de SCHALL, G. *et al.*, (2009) é apresentada a fusão de sensores para ser utilizado como registro para realidade aumentada em ambiente externo. Os autores afirmam que o GPS é atualmente a melhor tecnologia de detecção, mas a sua precisão, a taxa de atualização e qualidade deterioram-se significativamente em ambientes urbanos.

O trabalho apresenta o desenvolvimento de um módulo de monitoramento de hardware utilizando DGPS ou o GPS-RTK. Este módulo de monitoramento de hardware é adequado para utilização em dispositivos *handheld* AR, devido ao seu peso reduzido e forma. Para obter estimativa da orientação inerciais (IMU), combinações com uma bússola magnética são comumente utilizados. Para melhorar a orientação estimativas eles implementaram um filtro de Kalman que é capaz de estimar a orientação, velocidades, acelerações por meio de medições dos sensores: giroscópios, acelerômetros e magnetômetros. Este filtro elimina o comportamento de oscilação bastante longo transiente do sensor inercial. Na figura 11, é apresentado o protótipo utilizado nesse trabalho.



Figura 11 – Protótipo utilizado no trabalho

Seus autores concluem que esse sistema possui uma precisão sub métrica utilizando o DGPS, as estimativas de orientação são significativamente mais robustas e precisas pela fusão com o sensor inercial.

## Capítulo 3 Fundamentação tecnológica

### 3.1 Redes sem fio Wi-Fi

Segundo REYNOLDS, J. (2003), o termo Wi-Fi (abreviação para *Wireless Fidelity*), que também pode ser identificado pelos seguintes termos: 802.11, *Wireless Local Area Network*, *WirelessLAN* ou ainda WLAN, é a expressão comumente utilizada para descrever a tecnologia de rede sem fio.

Os fundadores da *WI-FI Alliance* comentam que o termo Wi-Fi é uma marca registrada da *Wi-Fi Alliance*, que pode ser usada com produtos certificados que pertencem a classe de dispositivos de rede local sem fios (WLAN) baseados no padrão IEEE 802.11. Pelo seu relacionamento intrínseco com o padrão de mesmo nome, o termo Wi-Fi é usado freqüentemente como um sinônimo para o padrão IEEE 802.11. As redes Wi-Fi utilizam este padrão para fornecer uma conectividade sem fio segura, confiável e rápida. A. Para chegar ao estágio atual, foi realizada uma grande cooperação entre milhares de empresas, pesquisadores e engenheiros para desenvolver produtos que trabalhassem juntos. Em meados da década de 1990, um consórcio internacional de especialistas em engenharia de muitas empresas de tecnologia começaram a trabalhar juntos por uma organização chamada IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*, conhecido como "I três-E"), para desenvolver padrões para a indústria da área e como esses novos produtos sem fio devem interagir uns com os outros. Além dessa cooperação, a *Wi-Fi Alliance* nasceu e tomou essas normas e laboratórios de testes desenvolvidos em todo o mundo para testar e certificar que os produtos cumprem as normas de interoperabilidade e segurança.

GEIER, J., (2005) afirma que IEEE 802.11 é a norma para redes sem fio, com versões que operam em 2.4 GHz ou 5 GHz frequência de banda. O problema com 802.11 é que há limite de interoperabilidade entre as diferentes versões. Por exemplo, um dispositivo de computador de rede sem fio usando adaptadores 802.11a não irá se conectar com outro dispositivo de computador que implementa 802.11b. Além disso, há outras questões com o padrão de 802.11, como a segurança limitada, entre outros. A fim de resolver questões com o padrão 802.11, a *Wi-Fi Alliance* incorpora variadas funções de 802.11 em um padrão que eles se referem como *Wireless Fidelity* (Wi-Fi). Se um produto está em conformidade com



a rede sem fios Wi-Fi, há garantias de que o produto é interoperável com outros produtos Wi-Fi.

WI-FI *Alliance* comenta que até o momento, foram quatro gerações Wi-Fi disponíveis. Cada geração é definida por um conjunto de características que se relacionam com o desempenho, frequência e largura de banda. Cada geração também promove melhorias de segurança e podem incluir outras características que os fabricantes podem decidir implementar. Na tabela 01, pode-se verificar as gerações das tecnologias Wi-Fi com suas respectivas frequências das bandas e a taxa máxima de transferência de dados.

<b>Tecnologia Wi-Fi</b>	<b>Frequência da banda</b>	<b>Taxa de transmissão máxima</b>
802.11a	5 Ghz	54 Mbps
802.11b	2.4 Ghz	11 Mbps
802.11g	2.4 Ghz	54 Mbps
802.11n	2.4 GHz, 5 GHz, 2.4 ou 5 GHz (selecionável), ou 2.4 e 5 GHz (concorrente)	450 Mbps

Tabela 01 – Tabela comparativa com as tecnologias Wi-Fi e suas respectivas frequências e valores máximos de transferência de dados.

Produtos Wi-Fi operam em ondas de rádio, da mesma forma como o celular, controle de portão de garagem, televisão, rádio, sistema de navegação GPS ou de microondas. Cada um destes tipos de produtos são utilizados em uma faixa específica, ou banda de frequência do espectro radioelétrico.

#### Exemplos faixas

- Faixa de transmissão do AM (kHz 530–1610)
- Faixa de Ondas Curtas (5.9–26.1 MHz)
- Faixa do Cidadão (26.965–27.405 MHz)
- Canais de Televisão 2–6 (54–88 MHz)
- Faixa de transmissão FM (88–108 MHz)
- Rede sem fio Wi-Fi (2.4GHz ou 5GHz)

### 3.2 Redes Neurais Artificiais

A Rede Neural Artificial (RNA) foi desenvolvida e utilizada como uma ferramenta de resolução de problemas em vários campos. RNAs são generalizações de modelos matemáticos de sistema biológico nervoso em nosso cérebro e uma das principais vantagens da RNA é a capacidade de construir um modelo do problema utilizando os dados a partir de medições experimentais do domínio do problema. Ao invés de ser programado por um usuário em uma percepção tradicional, RNAs adquirem os seus conhecimentos aprendendo as relações das variáveis de dados e construção de um modelo, implicitamente, para relacionar as variáveis de entrada e saída para o problema (DU, C. *et al.*, 2008).

Segundo MUELLER, A. (1996) estruturalmente, a rede neural artificial, também conhecida por modelo conexionista de computação, se assemelha à rede neural biológica pela composição de seus neurônios e pela conexão entre eles.

A figura 12, mostra o modelo de um neurônio artificial, conhecido como modelo McCullock – Pitts, devido ao trabalho pioneiro desenvolvido por esses pesquisadores em 1943.

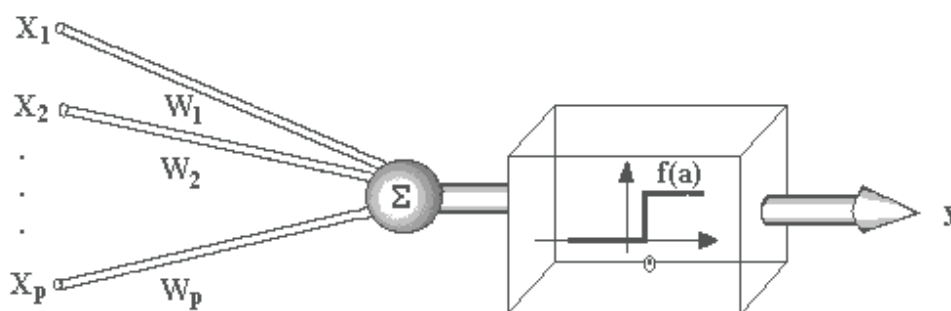


Figura 12 – Modelo do neurônio artificial McCullock–Pitts.

Segundo OLIVEIRA (2004) nesse modelo, um conjunto de entradas  $X$  é aplicado ao neurônio artificial, multiplicado ao peso sináptico  $W$  correspondente, gerando, dessa forma, entradas ponderadas. Essas entradas ponderadas são então somadas, obtendo-se um valor que será comparado ao valor limite de ativação do neurônio. Se o valor limite for

alcançado, ocorrerá a ativação, caso contrário ocorrerá inibição desse neurônio. Observa-se a similaridade com o neurônio biológico em relação aos três elementos básicos, isto é, as entradas correspondem os dendritos, o corpo celular à soma ponderada que constitui o combinador linear e a saída ao axônio representado pela função de ativação. O sinal de entrada é, então, processado pela função de ativação para produzir o sinal de saída, o qual, se não for zero será transmitido adiante.

### **3.2.1** Aprendizagem

Segundo HAYKIN, S. (2002) Aprendizagem é um processo pelo qual os parâmetros livres (ou pesos) de uma rede neural são adaptados por meio de estímulos do ambiente no qual a rede está inserida. O tipo de aprendizagem é determinado pela maneira como ocorre a modificação dos parâmetros. Essa definição implica que a rede seja estimulada pelo ambiente e sofra modificações nos seus parâmetros livres como resultado desse estímulo.

Em resumo, pode-se dizer que a essência da aprendizagem é que “Espera-se que a rede se torne bem treinada de modo que aprenda o suficiente sobre o passado para generalizar bem o futuro” (HAYKIN, S, 2002).

#### 3.2.1.1. Tipos de Aprendizado

Segundo PINHEIRO, C.A.R. (2005) as redes neurais produzem modelos de classificação e predição por meio do paradigma de aprendizado supervisionado e não supervisionado. No aprendizado supervisionado, os conjuntos de dados incluem conhecimento como entrada, análogo as variáveis independentes em uma regressão linear, e um conhecimento de saída, análogo as variáveis dependentes em uma regressão linear. Dessa forma, a rede neural aprende, ou reconhece o padrão da entrada associado ao conhecimento da saída. De forma distinta, os modelos de redes neurais baseados em aprendizado não supervisionado, não utilizam o conhecimento gerado como resultado para retroalimentar o modelo.

### 3.2.2 Rede Neural de Regressão Generalizada

AMIRI, M. *et al.*, (2007) explicam que a *General Regression Neural Network* (GRNN) ou Rede Neural de Regressão Generalizada foi introduzida, por Nadaraya e Watson e redescoberta por Specht e é uma generalização de ambas as redes RBFs e Redes Neurais Probabilísticas (PNN) para realizar regressões genéricas (linear ou não linear). Estas redes possuem arquiteturas baseadas em função que se aproxima de qualquer função arbitrária entre os vetores de entrada e saída diretamente a partir de amostras de treinamento e pode ser utilizado, para interpolação multidimensional.

WACHOWIAK, M.P. *et al.*, (2001) complementam afirmando que a GRNN pertence à classe de redes neurais amplamente utilizadas para o mapeamento de função contínua. A principal função de um GRNN é estimar uma superfície de regressão linear ou não linear de variáveis independentes. Ou seja, a rede calcula o valor mais provável de uma saída,  $y$ , dado vetores de treinamento apenas  $x$ . Especificamente, a rede calcula a função densidade de probabilidade conjunta de  $X$  e  $Y$ . Então o valor esperado da saída  $y$  dado o vetor de entrada  $x$  é dada como:

$$E[y|x] = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} y f(x, y) dy}{\int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dy} \quad 1$$

A topologia de uma GRNN definida por AMIRI, M. *et al.*, (2007) é descrita na figura 13 e consiste em :

- A camada de entrada, que está totalmente ligada a camada padrão;
- A camada de modelo, que tem um neurônio para cada padrão;
- A camada de soma, que tem duas unidades de  $N$  e  $D$ . A primeira unidade calcula a soma ponderada das saídas da camada escondida e a segunda unidade tem pesos iguais a "1", portanto é a soma dos termos exponenciais individuais ( $h_i$ );
- Por último, a unidade de produção divide-se  $N$  por  $D$ , fornece o resultado da predição.

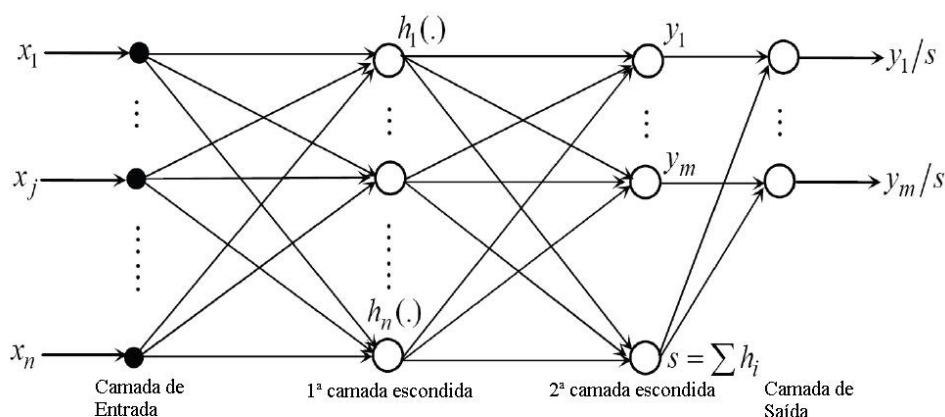


Figura 13 – Topologia da GRNN.

Fonte: Modificada de AMIRI, M. *et al.*, (2007).

### 3.2.3 Back-Propagation (BP)

Segundo WASSERMAN, P.D., SCHWARTZ, T., (1988) o algoritmo fornece teoricamente um método sólido para a formação de redes multicamadas. Este responde desafio de Minsky, convergindo para uma solução do XOR e muitos outros problemas difíceis. Além disso, David Rumelhart desenvolveu e apresentou uma prova elegante de convergência.

A idéia central é que os erros para as unidades da camada escondida são determinados por retro-propagação dos erros das unidades da camada de saída. Por esta razão, o método é muitas vezes chamado de *Back-propagation*. O algoritmo *Back-propagation* também pode ser considerado como uma generalização da regra Delta para funções de ativação não-linear e redes multicamada. A regra Delta padrão essencialmente implementa um gradiente descendente no quadrado da soma do erro para funções de ativação lineares.

Durante o treinamento com o algoritmo *Back-propagation* os padrões do conjunto de treinamento são apresentados à rede em qualquer ordem e a rede opera em ordem seqüencial. Primeiro, um padrão é apresentado à camada de entrada da rede. A atividade resultante flui através da rede, camada após camada, até que a resposta seja produzida pela

camada de saída. No segundo momento, a saída obtida é comparada à saída desejada para esse padrão particular. Se esta não estiver correta, o erro é calculado. O objetivo é fazer com que esse erro se aproxime de zero. O erro é propagado a partir da camada de saída até a camada de entrada, e os pesos das conexões das unidades das camadas internas vão sendo modificados conforme o erro é retro-propagado.

### 3.3 Realidade Aumentada

Realidade Aumentada é uma área em desenvolvimento na pesquisa da realidade virtual, que se torna cada vez mais importante. Enquanto a realidade virtual busca levar o usuário a se sentir completamente imerso em um ambiente, a realidade aumentada procura levar a agilidade digital a realçar aspectos do mundo real. Através da utilização de WebCam, computador e técnicas de programação, em tempo real é incluído na cena real algum item que não está presente na cena real, seja um modelo virtual, uma informação e etc., de tal forma que as cenas formadas dão a impressão de que os objetos inseridos pertencem ao mundo real. AZUMA, R. (1997) explica que a Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite a sobreposição de imagens virtuais geradas por computador sobre cenas do mundo real e com potencial para muitas aplicações em pesquisa industrial e acadêmica.

Na figura 14, pode-se ver um exemplo de RA: a cena real de uma construção aumentada com dois modelos 3D de guindastes.



Figura 14 – Tela do sistema de RA.

Fonte: HAMMAD, A. *et al.*

Na figura 15, é demonstrado um sistema de RA desenvolvido para o ensino fundamental para auxiliar no aprendizado dos sistemas do corpo humano.

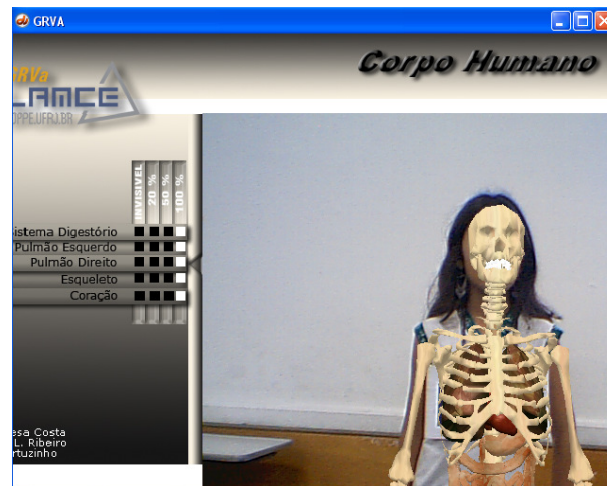


Figura 15 – Tela do Sistema de RA sobre o Corpo Humano.

### 3.4 Global Position System (GPS)

Segundo SILVA, R.L.S. (2006), dispositivos baseados em GPS (*Global Positioning System*) medem o tempo gasto de sinais ao percorrer o trajeto entre satélites no espaço e dispositivos, produzindo posicionamento absoluto diretamente.

Esse sistema foi desenvolvido no início da década de 1960, sob o nome de “projeto NAVSTAR”. O sistema foi declarado totalmente operacional apenas em 1995. Seu desenvolvimento custou 10 bilhões de dólares. Consiste de 24 satélites que orbitam a terra a 20.200km e emitem simultaneamente sinais de rádio especialmente codificados que contém informações de tempo de alta precisão. Uma unidade receptora (com conhecimento da atual posição dos satélites) pode calcular sua posição medindo o tempo gasto por esses sinais para percorrer o trajeto entre os satélites e o dispositivo. Os satélites GPS operam em duas frequências, L1 a 1575.4MHz e L2 a 1227.6MHz, e podem penetrar em fenômenos atmosféricos como nuvens, chuva, fumaça, sujeira, poluição no ar, entre outros. Porém, essas frequências são bloqueadas por objetos físicos como construções e árvores, fazendo com que essa tecnologia não seja adequada em ambientes com esses objetos. MORALES,

Y. e TSUBOUCHI, T., (2007) complementam dizendo que o GPS foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos e que a constelação de 24 satélites possui uma órbita ao redor do mundo de 12 horas e suas estações em Terra. Ele pode fornecer aos usuários uma posição 3D, velocidade e tempo. O GPS comum autônomo usa código C / A só para cálculo da posição, e tem uma precisão de 10 metros. O GPS é utilizado para aplicações em que só é necessária uma posição aproximada, como por exemplo, em sistemas de navegação em automóvel.

Os dados recebidos por usuários de receptores GPS são sentenças NMEA 0183 (MANOHARAN, S., 2009), que contêm informações como posição, tempo, dados do GPS, informação de satélite, a diluição de precisão (DOP) e etc. Existem vários tipos de sentenças NMEA. Por exemplo, as sentenças GGA, GSA GST ou de posicionamento e status de ruído do receptor. Nessa Dissertação, é utilizada a sentença GGA. Na figura 16, observa-se uma ilustração do funcionamento do GPS.

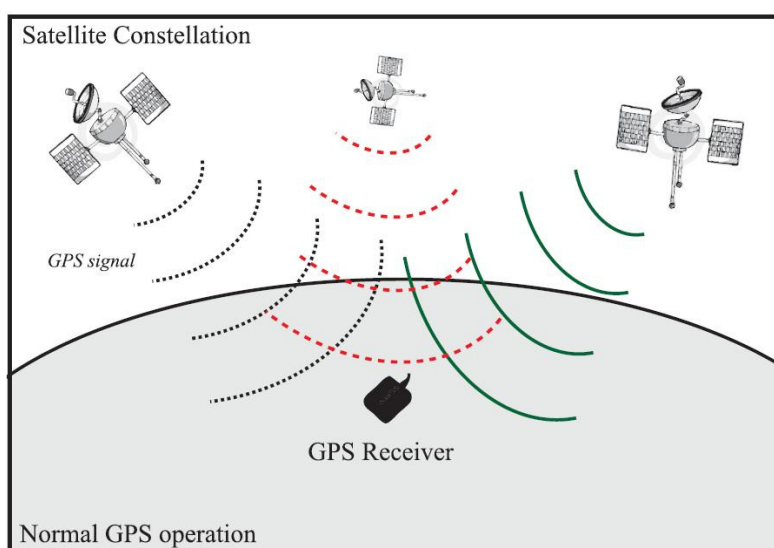


Figura 16 – Ilustração do funcionamento do GPS.

Fonte: BLANCO, J.L., MORENO, F.A. e GONZALEZ, J. (2009)



### 3.5 Cinemática em Tempo Real (RTK)

O *Real-Time Kinematic* (RTK) é um processo onde a informação do GPS diferencial é transmitida em tempo real de uma estação base para um ou mais estações *Rover*.

Segundo BLANCO, J.L., MORENO, F.A., GONZALEZ, J. (2009) o RTK significa uma melhoria da técnica DGPS, que emprega tanto as correções de referência da estação quanto da fase da portadora de sinais dos satélites GPS, para conseguir até um nível de precisão de centímetros. Além disso, os sistemas de GPS-RTK geralmente organizam as suas próprias estações de referência que pode ser colocados muito mais perto dos *rovers* do que os utilizados para sistemas de DGPS padrão, como é mostrado na figura 17. Nesta técnica, o receptor GPS afere a distância para os satélites, ajustando a recebida e a cópia local do sinal, não só através da comparação da RPC, mas também a fase dos sinais, conduzindo assim há uma refinada estimativa e, portanto, para uma melhor localização (até 2 cm de precisão).

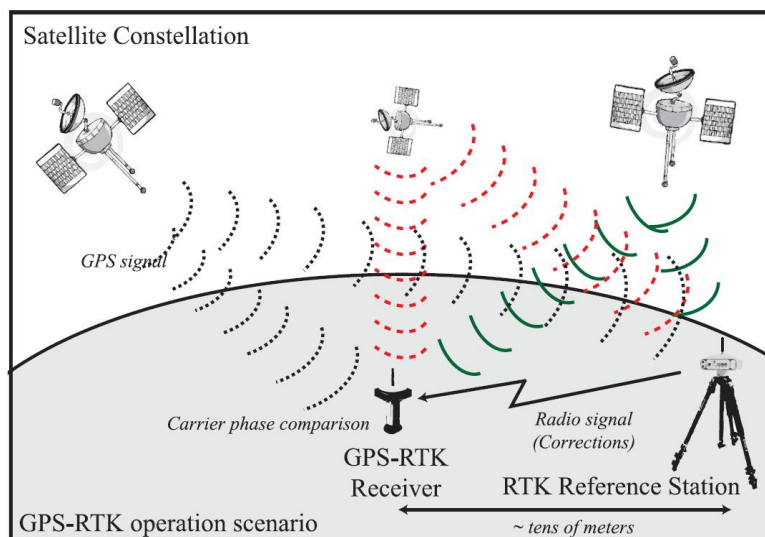


Figura 17 – Ilustração do funcionamento do GPS-RTK.

Fonte: BLANCO, J.L. *et al.* (2009)

MORALES, Y., TSUBOUCHI, T., (2007) complementam afirmando que o RTK pode fornecer medições de precisão de centímetros em tempo real. A distância entre a Base e o Rover não pode ultrapassar a 3,8 km (TOPCON), para a recepção em tempo real de rádio, transmissão de informação e de correção de posição. Ele usa código C / A é a fase da portadora para o cálculo da posição. O RTK precisa de tempo de inicialização de cerca de 1 minuto para dar a máxima precisão.

Ambos autores comentam que o RTK trabalha com dois modos de operação, o *float* e *fix*. Na primeira, se a estação de referência RTK (Base) não possuir informação suficiente da constelação de satélites para determinar com precisão a sua posição estática levando a erros significativos no *Rovers*, enquanto o segundo só é possível quando o número de satélites visíveis e a qualidade de seus sinais permitem uma total precisão no seu posicionamento. MORALES, Y., TSUBOUCHI, T., (2007) complementa que no modo *float* é necessário pelo menos 4 satélites comuns e oferece uma precisão de cerca de 20 centímetros de 1m. Já o RTK *fix* precisa de pelo menos 5 satélites comuns e oferece precisão dentro de 2 centímetros.

### **3.6 Conceitos de mapa, carta, folha e quadrícula**

Segundo SANTOS, M.C.S.R. (1990) adota-se o conceito de mapa como sendo a representação cartográfica dos fenômenos naturais e humanos de uma área, dentro de um sistema de projeção e em determinada escala, de modo a traduzir, com fidelidade, suas formas e dimensões. Ao conjunto de mapas gerados como resultados da documentação de uma área ou região atribuem-se o nome de carta e, finalmente, denomina-se de folha cada um desses documentos cartográficos.

Quadrícula é um sistema de quadrados em uma folha representando um sistema de coordenadas planas. Este sistema no Brasil é usado nas folhas e é relacionado com a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) que será apresentada a seguir.

### 3.7 Sistema de coordenada UTM

Segundo PERNA, A. M., o sistema de coordenadas UTM é dividido em 60 fusos de 6 graus de amplitude em longitude. Cada fuso também é chamado de Zona UTM que é numerada, iniciando em "1" da esquerda para a direita em relação à longitude 180 graus oeste. Pode-se identificar também o fuso a partir de seu Meridiano Central que fica exatamente no centro do fuso. Existe em algumas publicações estrangeiras a divisão das zonas no Equador, o que resultaria em mais 60 zonas cuja numeração é negativa ao Sul do Equador e manter-se-ia a numeração normal ao Norte.

A unidade é o metro tendo como origem o Equador e o Meridiano Central. No hemisfério Sul, o sistema possui o valor 10.000.000 m no Equador para a coordenada Norte, decrescendo para o Sul. E o valor 500.000 m no Meridiano Central para a coordenada Este, decrescendo para Oeste e crescendo para Este.

No hemisfério Norte o sistema difere apenas na coordenada Norte, possuindo o valor de 0,00 m no Equador, crescendo para o Norte. As Coordenadas UTM definem posições bi-dimensionais e horizontais.

As zonas UTM possuem identificadores para regiões de 8 graus ao norte e ao sul do Equador. Iniciando em 80° sul e seguindo para o norte, 20 faixas são identificadas com as letras de C até X, omitindo I e O. Essas faixas possuem o tamanho de 8° em latitude excetuando a X que possui 12° (entre 72–84 N). Pode-se ver na figura 18 um exemplo do sistema UTM.

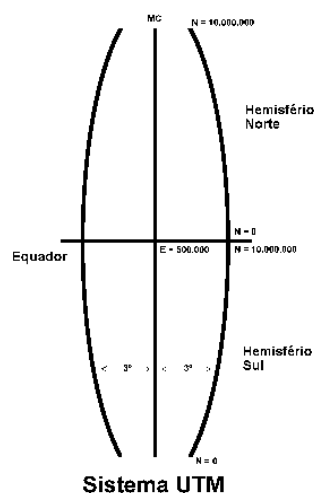


Figura 18 – Sistema UTM

Fonte: site da Engenharia Cartográfica da UERJ.

Nessa Dissertação foi utilizado este sistema por seus valores já estarem em metros. Todos os testes estão dentro da mesma zona 23.

### 3.8 Ferramentas utilizadas

#### 3.8.1 Software NeuroGenetic Optimizer

O *NeuroGeneric Optimizer* ou também conhecido como NGO, foi desenvolvido em 1995 pela empresa BIOCAMP<sup>5</sup> e é uma ferramenta de modelagem de dados bem conhecida. Apesar de não ser uma ferramenta nova, esse software apresenta bom desempenho em uma gama de aplicações.

Ao invés de trabalhar com APIs disponíveis na Internet ou até mesmo implementar uma RNA, este *software* foi utilizado, pois, como a proposta dessa Dissertação está baseada na utilização de RNA, era de suma importância utilizar uma ferramenta confiável e conhecida. Na figura 19, observa-se a tela do NGO em um dos treinamentos realizados para essa Dissertação.

<sup>5</sup> <http://www.biocompsystems.com/products/ngo/index.htm>

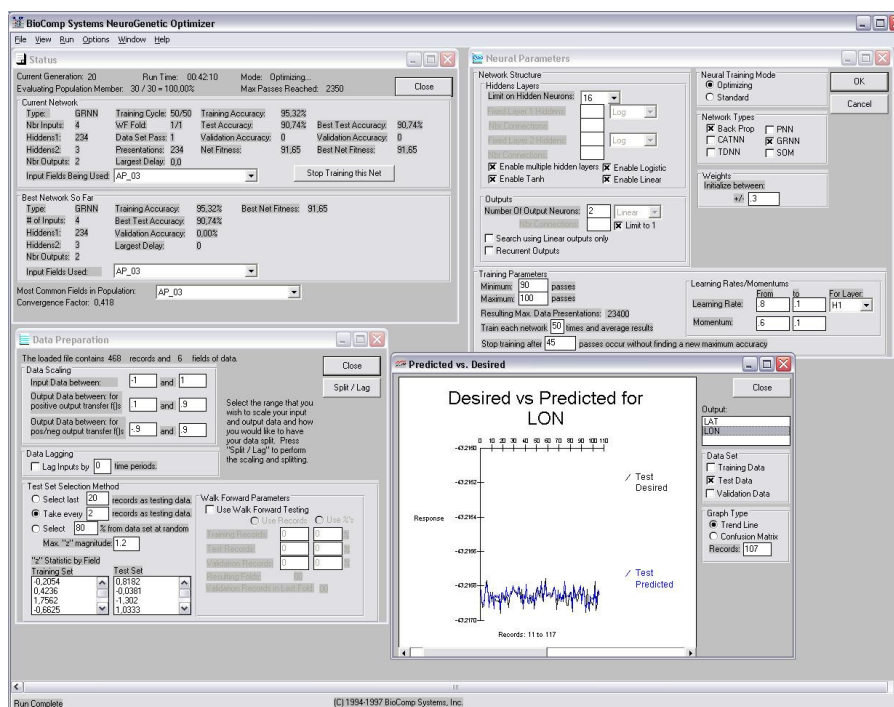


Figura 19 – Tela do NGO versão 32250.

### 3.8.2 Software Statistica Suite

STATSOFT<sup>6</sup> comenta que o STATISTICA fornece o conjunto mais abrangente de análise, gerenciamento, visualização e processos de mineração de dados. Suas técnicas incluem a mais vasta seleção de modelagem preditiva, *clustering*, classificação e técnicas exploratórias em um único *software*.

As aplicações principais do STATISTICA são: R&D, Controle de Qualidade e acompanhamento do processo em Química / petroquímica, farmacêutica, produtos de consumo e indústrias transformadoras de mercadorias. Outras aplicações como garantia de análise e aplicações de monitoramento remoto na indústria de transformação de equipamentos pesados. *Six Sigma* aplicações em todos os setores, incluindo manufatura, saúde e análise de processos de negócios. Análise de Risco, segmentação dos clientes e contabilização do crédito no sector bancário, serviços financeiros e seguros indústrias e uma enorme gama de aplicações onde as análises estatísticas e preditivas possam ser

<sup>6</sup> <http://www.statsoft.com/>

utilizadas. Na figura 20, observa-se a tela do software sendo utilizado para criar os gráficos estatísticos para análise das intensidades dos sinais no teste em campo aberto.

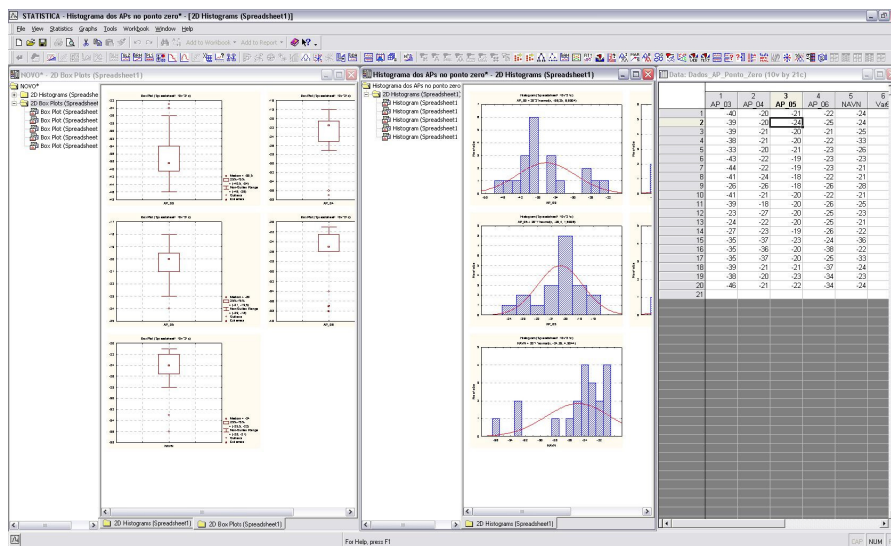


Figura 20 – Tela do software STATISTICA com os gráficos estatísticos dos testes em campo aberto.

Foi utilizada a versão sete deste programa e ele foi utilizado para criar os gráficos que envolviam cálculos estatísticos e gráficos mais complexos.

### 3.8.3 Software Network Stumbler

Segundo os seus desenvolvedores, o NetStumbler<sup>7</sup> é uma ferramenta para Windows que permite detectar as WLANs dentro da área do adaptador do computador utilizado, usando 802.11a, 802.11b e 802.11g. Eles classificam como um sistema "beggarware", ou seja, não é necessário pagar pela licença de uso, porém, eles pedem aos usuários que façam donativos para dar suporte a futuras implementações. Algumas de suas utilidades são:

<sup>7</sup> <http://www.stumbler.net/>

- Verificar se a rede está configurada da maneira desejada.
- Encontrar locais com cobertura deficiente em sua WLAN.
- Detectar outras redes que podem estar causando interferência em sua rede.
- Detectar pontos de acesso não autorizados em seu local de trabalho.
- Auxiliar na colocação de antenas direcionais para ligações sem fios de longa distância.

Na figura 21, visualiza-se a tela do *software* sendo utilizado em um dos testes realizado nessa Dissertação.

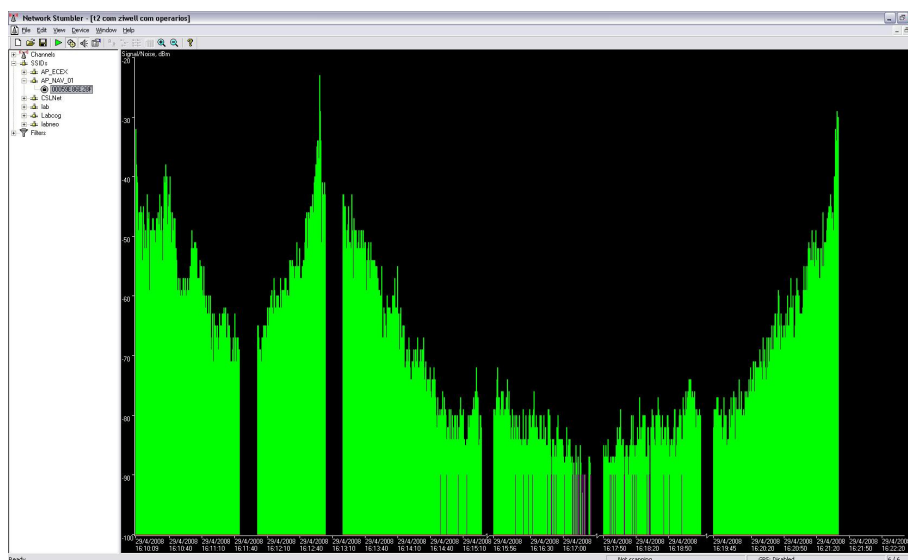


Figura 21 – Tela do software NetStumbler versão 0.4.0

Por ser um programa estável e referenciado (EMAGBETERE, J.O., EDEKO, F.O., 2008), (SAPOUNTZIS, E.T., SAPOUNTZIS, J.T., VOUDOURIS, K., 2006) entre outros, esse software foi utilizado para os primeiros testes dessa Dissertação. Posteriormente, serviu como parâmetro de comparação para verificar se a rotina utilizada de leitura de intensidade de sinal dos pontos de acesso era confiável.

## Capítulo 4 Desenvolvimento

O desenvolvimento desse trabalho foi realizado em duas etapas. A primeira foi realizar análises preliminares tais como:

- Avaliar o comportamento da intensidade do sinal de cada ponto de acesso em um ambiente interno e controlado;
- Avaliar o comportamento e a confiabilidade do adaptador de rede sem fio padrão do equipamento utilizado na coleta de dados;
- Analisar o comportamento das intensidades dos sinais:
  - De um ponto de acesso na área de estudo em um percurso previamente escolhido, com e sem operários trabalhando;
  - De todos os seis pontos de acesso dispostos em lugares fixos ao redor da obra;

Por último, em paralelo com as duas últimas etapas citadas acima, foi implementado um sistema de posicionamento para ambiente externo sem a utilização das Redes Neurais Artificiais.



A segunda etapa corresponde ao estudo da utilização e modelagem as RNAs para utilização em campo aberto e analisar os resultados. Com o intuito de atender a esses objetivos, foram criados os seguintes itens:

- Criar um sistema de captura dos sinais, coordenadas do GPS e do GPS-RTK;
- Estudar o comportamento do sinal de um AP em campo aberto, através da análise de APs colocados em paralelo e capturar os seus sinais em uma linha reta perpendicular aos mesmos;
- Treinar a RNA e aferir o resultado, com os seguintes dados:
  - Dados obtidos dos APs colocados em paralelo;
  - Dados obtidos em um quadrado de lado 20 metros em campo aberto sem obstáculo;
  - Dados obtidos na mesma área, porém com obstáculo;
- Avaliar a precisão do GPS comum comparado ao GPS-RTK;

#### **4.1 A concepção do sistema**

O sistema projetado possuirá duas fases. A primeira consiste em captura dos dados do GPS-RTK e as intensidades dos pontos de acesso para treinamento da RNA. Após esta coleta, a rede será treinada e extraída a função de predição que é inserida no sistema. A segunda fase é a utilização em campo, com as devidas críticas de correção de erro. A figura 22, mostra o fluxograma com as duas etapas.

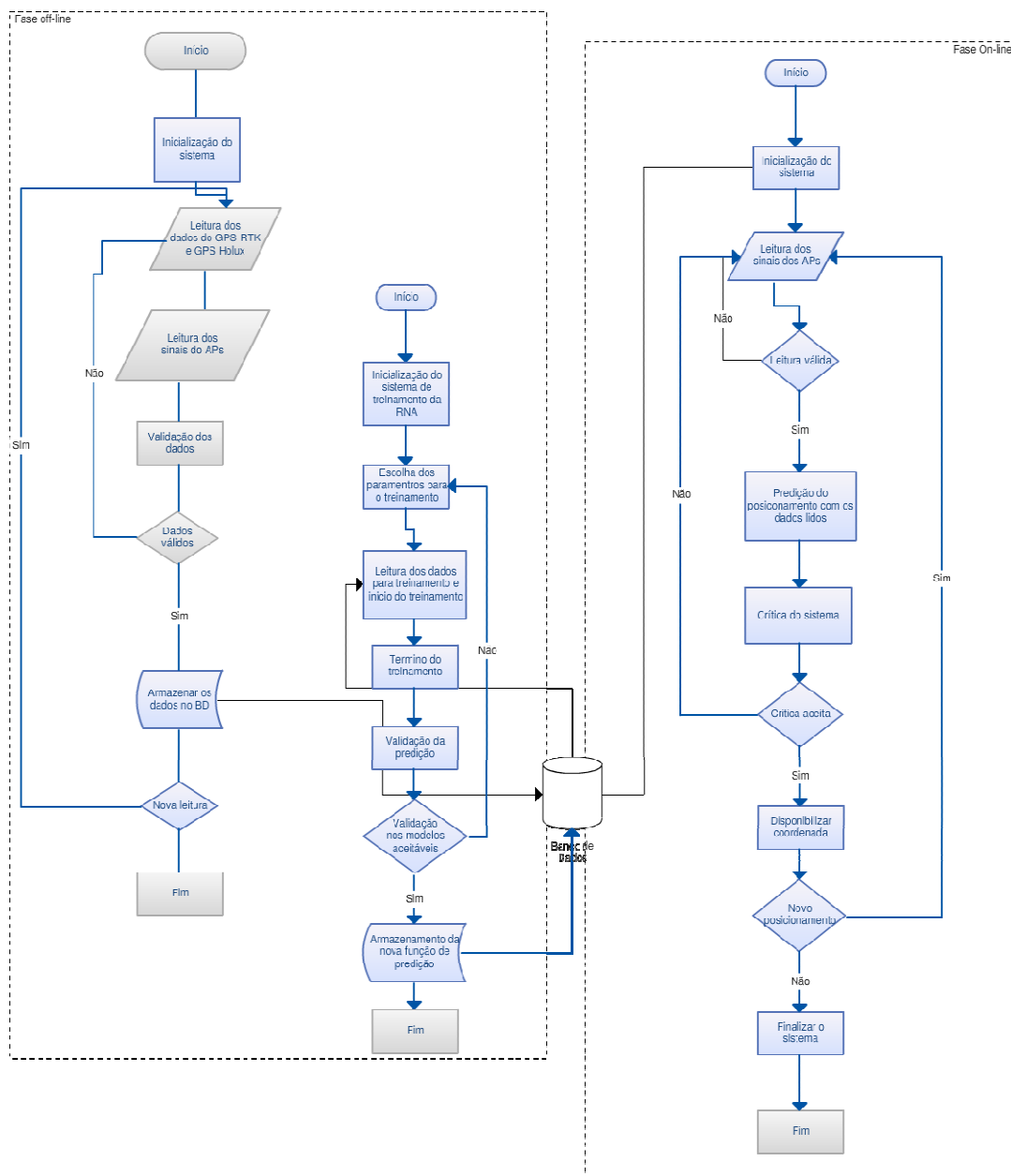


Figura 22 – Fluxograma do sistema

## 4.2 Primeira etapa – avaliações preliminares

### 4.2.1 Avaliação do comportamento do sinal dos pontos de acesso dentro de um ambiente interno e controlado.

Para avaliar o comportamento dos sinais dos pontos de acesso em um ambiente controlado no dia 13/12/2007 das 13h00min às 16h30min, os dispositivos foram colocados

nos vértices da sala de reunião do laboratório LAMCE que ficou fechada, todos os AP não possuíam obstáculos e ficaram aproximadamente a 4 metros de distância em relação ao equipamento que armazenava os dados. Os dados foram coletados, durante seis testes de 30 minutos cada, no *software* NetStumbler com Tablet HP modelo Tx1120 com seu adaptador padrão. Foi observado que em todos os testes, mesmo em ambiente controlado existe uma oscilação absoluta e relativa do sinal de cada AP e, mesmo sendo da mesma marca, modelo e comprados no mesmo lote. Esse comportamento é o mesmo observado em ambiente externo que pode ser visualizado nos testes em campo aberto na seção 6.3. No gráfico 02, pode ser observado o comportamento de cada pontos de acesso quando funcionando concomitantemente com os outros.

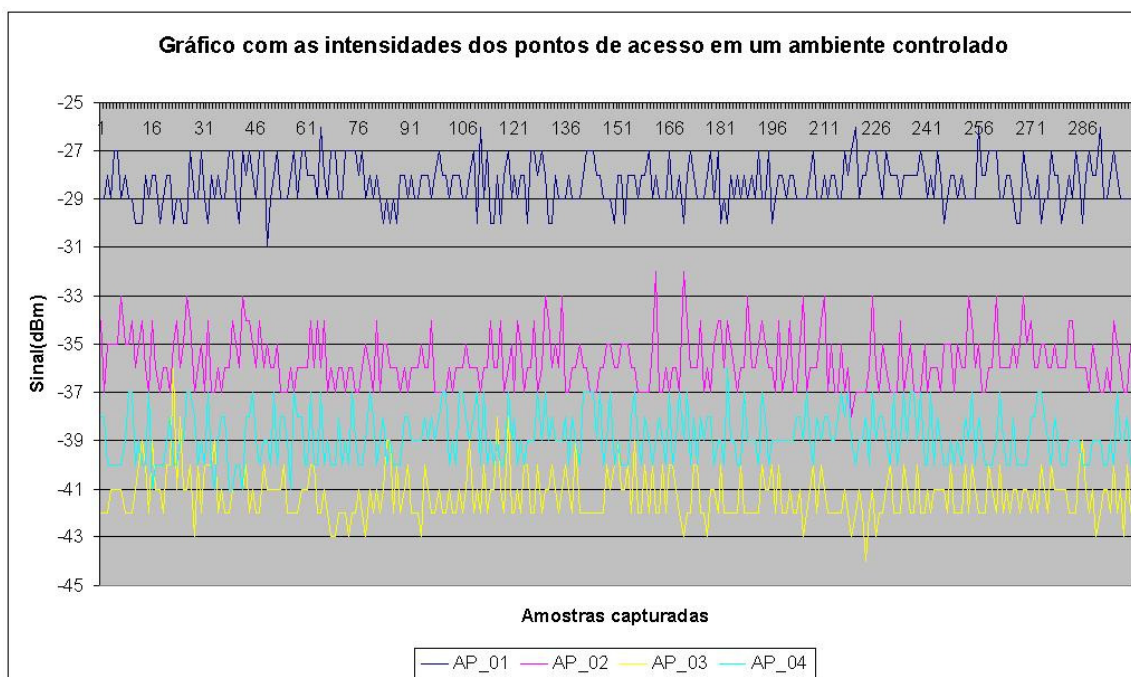


Gráfico 02 – Gráficos com as intensidades dos pontos de acesso em um ambiente controlado.

#### 4.2.2 Avaliação do adaptador de rede sem fio padrão

Para avaliar o comportamento e a confiabilidade do adaptador padrão do equipamento de coleta de dados e com isto verificar a necessidade de utilização outro adaptador, foi comparado o comportamento do adaptador padrão e do adaptador da

Trendnet *Wireless* 802.11g modelo TEW-424UB. Colocou-se um ponto de acesso em local determinado e foi percorrido três vezes um percurso seqüencial e em linha reta da porta do NAV até o interior da obra. Na figura 23, encontra-se os gráficos de cada adaptador.

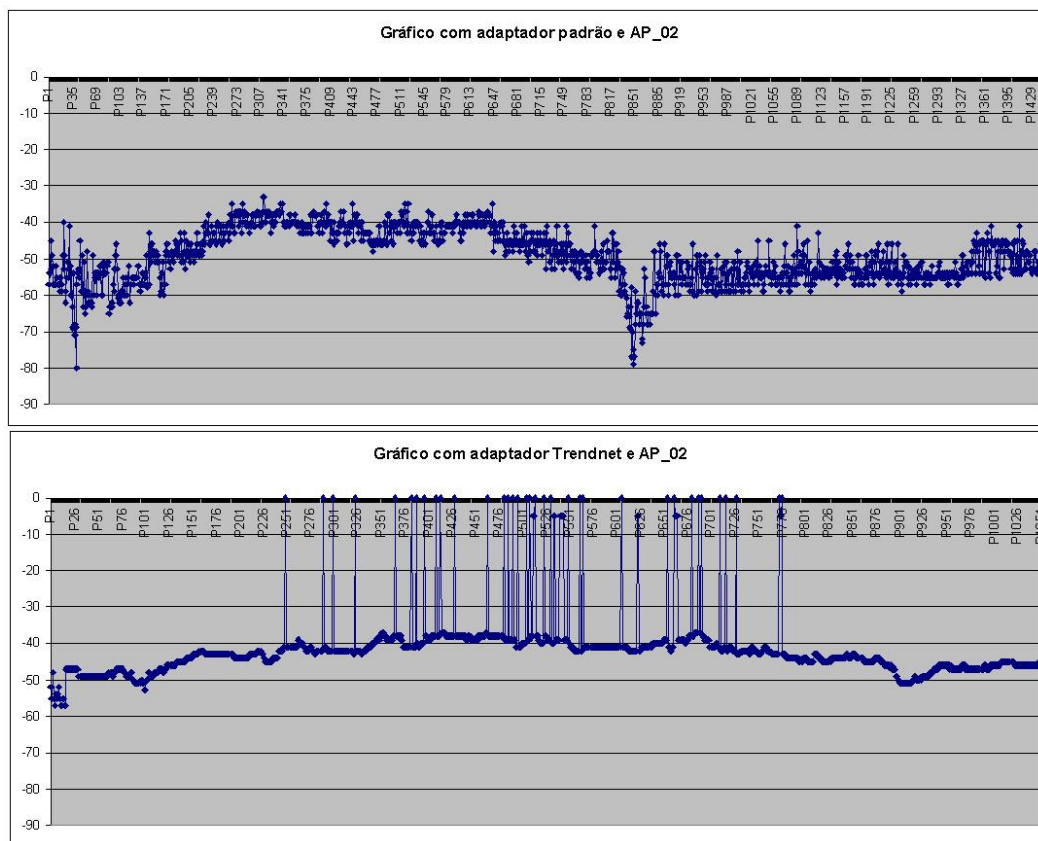


Figura 23 – Figura com os gráficos dos dois adaptadores

Após analisar os gráficos conclui-se que embora o adaptador Trendnet possua uma oscilação menor entre coletas próximas e seqüenciais, observa-se que ocorreram várias falhas no decorrer do teste. Tais falhas poderiam ser atribuídas a interferências que hipoteticamente não ocorrem no teste com o outro adaptador, uma vez que foram realizados em momentos diferentes no mesmo dia. Porém a quantidade de ocorrências (51), somado ao fato de que em nenhum outro teste relatado nessa Dissertação tenha ocorrido falhas do adaptador padrão, torna a utilização desse dispositivo não recomendável. Além disso, como um dos objetivos dessa Dissertação era que não houvesse a necessidade de utilização de

outros equipamentos agregados ao dispositivo móvel, decidiu-se utilizar somente o dispositivo padrão para todos os testes a partir desta conclusão.

#### 4.2.3 Avaliação do comportamento do sinal do ponto de acesso na área da obra em um percurso determinado com e sem operários trabalhando.

Para avaliar a interferência que os equipamentos elétricos utilizados pelos operários produzem ao sinal dos pontos de acesso, utilizou-se o mesmo *software* NetStumbler, e equipamento de todos os testes para essa Dissertação, bem como o mesmo ponto de acesso nas duas observações. Em um mesmo dia, o ponto de acesso foi colocado em local determinado e foi percorrido um percurso sequencial dentro da obra em horário com os operários trabalhando e após o encerramento do expediente. Após essas coletas, os dados foram comparados e analisados. Como no horário de expediente os operários trabalhavam com equipamentos que geravam interferências elétricas e magnéticas, era razoável esperar que as intensidades coletadas com os operários trabalhando no primeiro percurso tivessem uma oscilação maior se comparado com a coleta fora do horário de expediente, como se pode observar no gráfico 03.

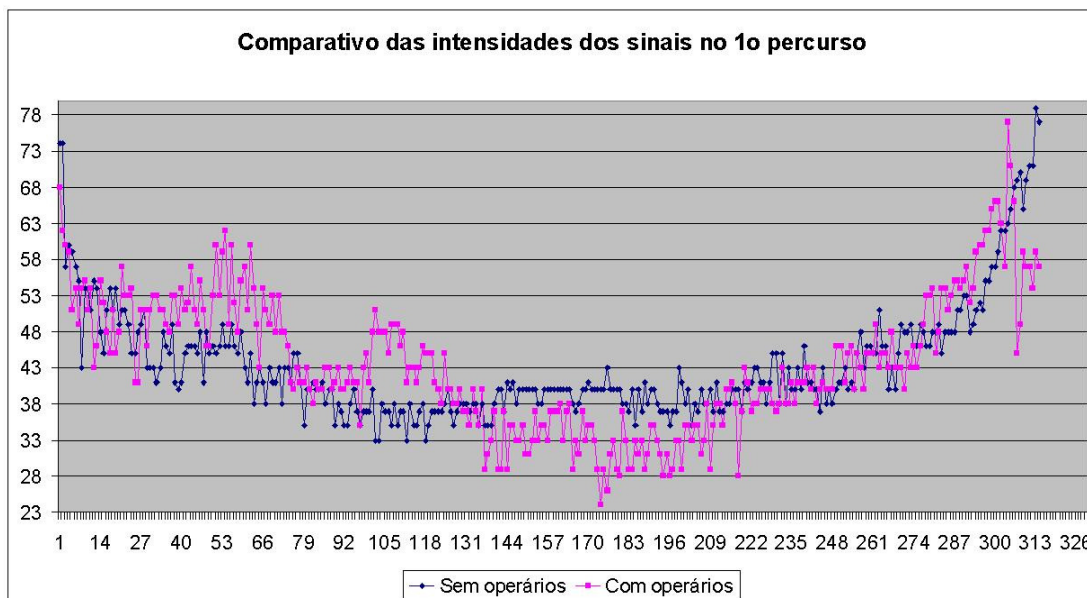


Gráfico 03 – Comparativo da interferência no sinal de um mesmo ponto de acesso com e sem operários trabalhando

#### 4.2.4 Avaliar o comportamento dos pontos de acesso dispostos em lugares fixos ao redor da obra

Para finalizar as avaliações preliminares, foi feito um percurso na área da obra capturando o valor das intensidades dos seis pontos de acesso e a posição dos pontos coletados com o GPS no modo *Standalone*. A figura 23 mostra o percurso percorrido nessa avaliação plotado no *Google Earth*<sup>8</sup>. Vale observar que a imagem do LabCog na figura 24, não reflete a realidade da época em que foi feito este teste, conforme pode-se observar na figura 25, que mostra a obra na época com os locais dos pontos de acesso assinalados com a seta em vermelho.



Figura 24 – Percurso percorrido em 24/03/08 plotado no *Google Earth*

<sup>8</sup> <http://earth.google.com/>



Figura 25 – Locais dos pontos de acesso na obra

Após essa coleta, foi gerado um gráfico (gráfico 04) com 300 amostras do total de 1100 dos valores para análise.

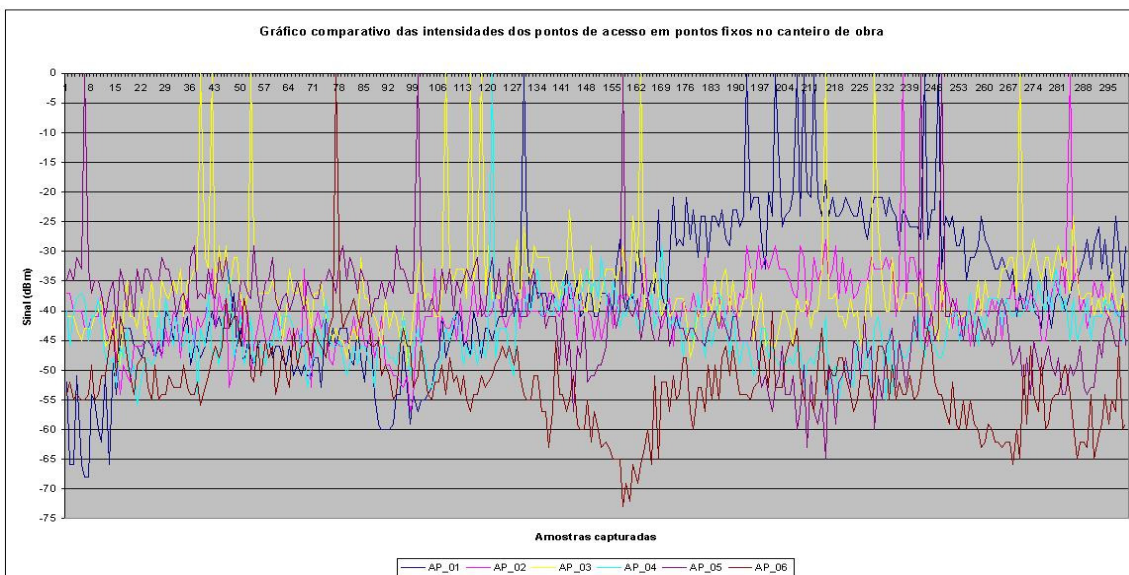


Gráfico 04 – Gráfico do comportamento das intensidades dos pontos de acesso em pontos fixos na área da obra

Observando o gráfico pode-se concluir que mesmo com a obra sem parte do telhado e revestimento tanto externo quanto interno, todos os pontos de acesso tiveram mais de um ponto de perda de sinal.

#### 4.2.5 Implementação de sistema de posicionamento sem a utilização de RNA

Por último, em paralelo com as atividades 5.2.4 e 5.2.5, foi implementado no *Microsoft Visual Basic 6.0* um sistema de posicionamento *outdoor* sem a utilização das Redes Neurais Artificiais, somente utilizando as intensidades dos pontos de acesso com um sistema de crítica para validar a nova posição calculada e o GPS no modo *Standalone*. O intuito era observar a diferença do erro no posicionamento gerado. Este sistema foi construído em duas fases: a primeira de coleta das intensidades dos pontos de acesso e da posição do GPS no modo *Standalone* e a gravação dos registros em um Banco de Dados. A segunda etapa era a utilização do sistema em campo para as análises. Na figura 26, encontra-se as telas do sistema implementado e do sistema desenvolvido pelo grupo GRVA em C++ chamado *PeopleMonitor*, que com base nas coordenadas informadas pelo sistema *\$GPGGA Transmitter* ou pelo sistema apresentado neste item, plota a posição do usuário na imagem obtida no *Google Earth* da área da obra para que ele possa se localizar.

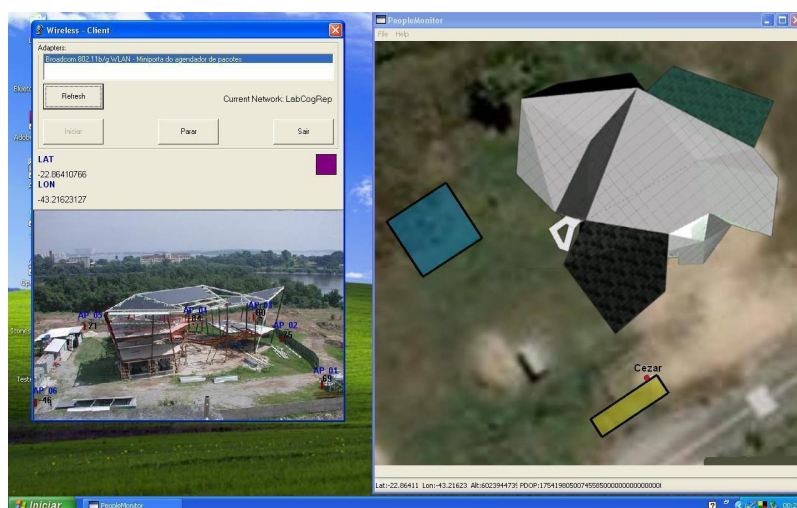


Figura 26 – Telas dos sistemas proposto neste item e o *PeopleMonitor*



O sistema implementado coleta as intensidades dos APs e seleciona os registros que atendem a este critério. Em seguida, ele calcula a distância da coordenada atual com a(s) encontrada(s) e seleciona a que tiver menor diferença. Caso não encontre no banco de dados um registro com esses valores ele cria uma faixa de valores possíveis e verifica novamente se existe registros no banco de dados. Caso não encontre novamente ou a diferença calculada do ponto atual para o lido seja superior a 1 metro, o sistema volta ao início e faz executa a rotina novamente.

### 4.3 Segunda etapa

#### 4.3.1 O sistema de captura dos dados

Primeiramente foi criada uma base de dados para armazenar os dados dos pontos de acessos, GPS comum e GPS-RTK. Em seguida, o receptor GPS-RTK móvel (*rover*) foi programado para enviar mensagens GGA contendo a posição corrigida e calculada em tempo real atualizada a cada segundo. Verifica-se na figura 27, a tela captura do sistema de configuração do GPS-RTK fornecido pelo fabricante TOPCON.

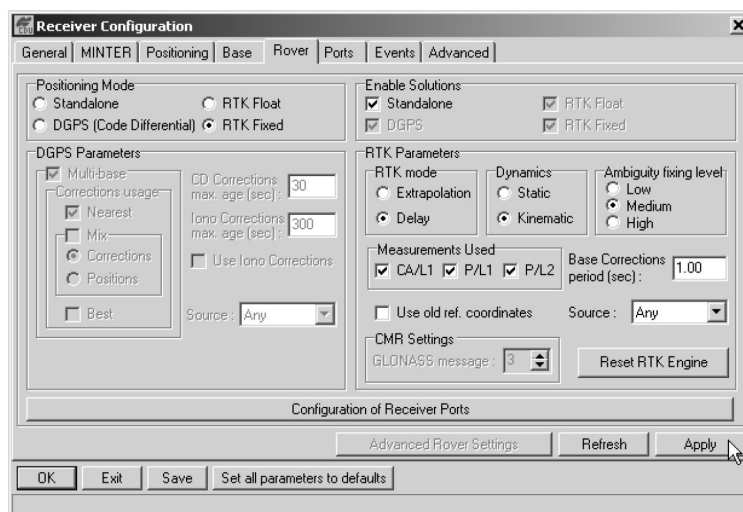


Figura 27 – Tela do sistema de configuração do *Receiver* da TOPCON.

Fonte: Manual do operador do Hiper Lite and Hiper Lite.

Pelo protocolo NMEA 0183 *Output*, que é enviada para uma porta serial (*Bluetooth*) do receptor. Por sua vez, é capturada pela porta serial (*Bluetooth*) de um

computador, que é lido pelo sistema que interpreta e divide esta mensagem em campos nos seguintes dados:

- Horário que foi capturado (UTC – Universal Time Coordinated, Tempo Universal Coordenado. É o sucessor do GMT (Greenwich Mean Time) Tempo Médio de Greenwich.);
- Latitude em Graus, minutos com segundos decimais (DMM);
- Longitude também DMM;
- A qualidade da precisão (SPS, DGPS, PPS, *Fix* RTK, ou *Float* RTK);
- Números de satélites sendo monitorados;
- Diluição da posição horizontal;
- Altitude em metros (acima do nível do mar);
- Altura do geóide do nível do mar (média) acima WGS84;
- Checksum data;

Ao mesmo tempo em que ocorre o procedimento de leitura e captura dos dados do GPS, o sistema a cada segundo lê as intensidades de sinal de todos os APs no alcance da placa Wireless do computador, identifica quais são os APs que fazem parte do projeto e salva em variáveis os seus respectivos valores. Após isto, armazena em um Banco de Dados, os dados dos GPS (RTK e comum) e as intensidades dos sinais dos APs que estão nas variáveis. Na figura 28, pode-se observar a tela do sistema de captura dos dados comentados desenvolvido para essa Dissertação.



Figura 28 – Tela do sistema de captura dos dados.

Os dados apresentados nesta tela são respectivamente:

- Nome do adaptador de rede sem fio;
- Ponto de Acesso o qual o adaptador está conectado;
- Dados recebidos do GPS-RTK (Latitude, Longitude, Qualidade, Quantidade de satélites lidos) e a quantidade de registros gravados até o momento;
- String completa recebida do GPS-RTK;
- Valores da intensidade dos sinais dos AP envolvidos no projeto;
- Latitude e Longitude lidos do GPS Holux;
- String completa recebida do GPS Holux;

Foi utilizado uma API para a leitura dos RSSI no adaptador de rede sem fio. Essa API trabalha configura o adaptador de rede sem fio no modo promiscuo, que captura o sinal de todos os pontos de acesso no alcance do adaptador. Na figura 29 é apresentado o fluxograma para a captura dos valores dos pontos de acesso.

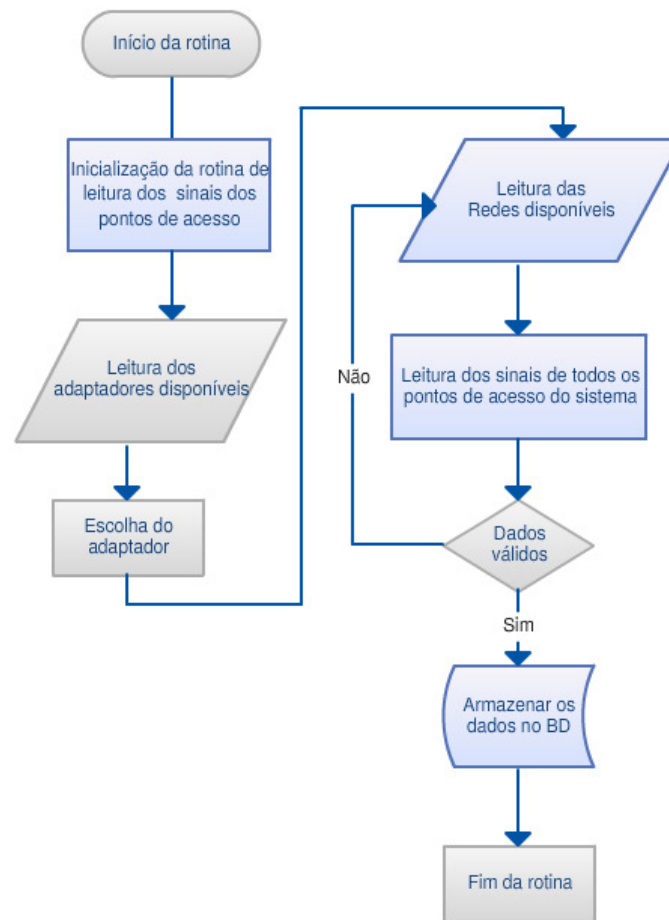


Figura 29 – Fluxograma da rotina da leitura dos sinais dos pontos de acesso

#### 4.3.2 Procedimento de análise dos dados

Após a coleta com o sistema apresentado no item 5.3.1, os dados são filtrados e somente os registros que contêm os dados lidos com o GPS-RTK no modo *Fix* são selecionados. Parte desses registros é submetida ao treinamento no NGO, que gera a melhor rede para cada caso. Com esta rede gerada para verificar a eficácia, são submetidas, as leituras distintas daquelas da fase de treinamento e os resultados são analisados.

#### **4.4 Equipamentos utilizados no experimento**

Foram utilizados para o desenvolvimento do estudo um Tablet HP modelo TX1120, quatro *Wireless Access Point* da Zinwell modelo G220, um GPS comum da Holux modelo M-1200 e um par de receptores (Base e Rover) GPS-RTK da Topcon modelo Hiper Lite RTK de alta precisão. Uma característica importante desse último dispositivo é a precisão pós-processada horizontal de 3mm + 1 ppm e vertical de 5mm + 1.4ppm para levantamentos estáticos e rápido-estáticos e horizontal de 10mm + 1.5ppm e vertical de 20mm + 1.5ppm para levantamentos cinemáticos e RTK com alcance de até 3,8 Km entre a estação base e o receptor *rover* (TOPCON, 2004). Outra informação é o seu valor estimado em US\$ 40.000,00 o par (base e *rover*). A descrição detalhada de todos esses dispositivos podem ser encontradas no anexo.

## Capítulo 5 Metodologia dos testes de campo da segunda etapa

### 5.1 Introdução

Durante o período de observação do comportamento dos sinais dos Pontos de Acesso da obra para esta Dissertação, foram feitos, basicamente, três modos de testes. O primeiro tem o intuito de testar o comportamento dos sinais no decorrer da obra, o segundo estudar a aplicação das RNA em campo com ou sem obstáculos e o terceiro comparar a precisão do GPS comum com o GPS-RTK. Em todos os casos, os dados foram coletados em campo e analisados posteriormente no laboratório.

A necessidade de comparar o campo com e sem obstáculos vem da observação do gráfico 05, que compara dois momentos do comportamento dos sinais dos pontos de acessos na obra do LabCog. O primeiro em março de 2008 (figura 30) quando a obra ainda estava no início e o segundo em outubro de 2009 (figura 31).



Figura 30 – Obra do LabCog em março de 2008.

Fonte: Site do laboratório LAMCE.



Figura 31 – Obra do LabCog em outubro de 2009.

Fonte: Site do laboratório LAMCE.

Todos os Pontos de acessos foram mantidos no mesmo ponto no decorrer destes testes. No gráfico 05, pode-se verificar a grande diferença das intensidades dos dados coletados em março de 2008, quando a prédio não possuía fachada e interior, com os dados coletados em outubro de 2009 com a obra bem avançada. Com isto, pode-se constatar que à

medida que a obra avança, a intensidade dos sinais sofre interferência diretamente. Logo, propõem-se os estudos em campo aberto com e sem obstáculos para verificar como o sistema irá se comportar com a evolução da obra.

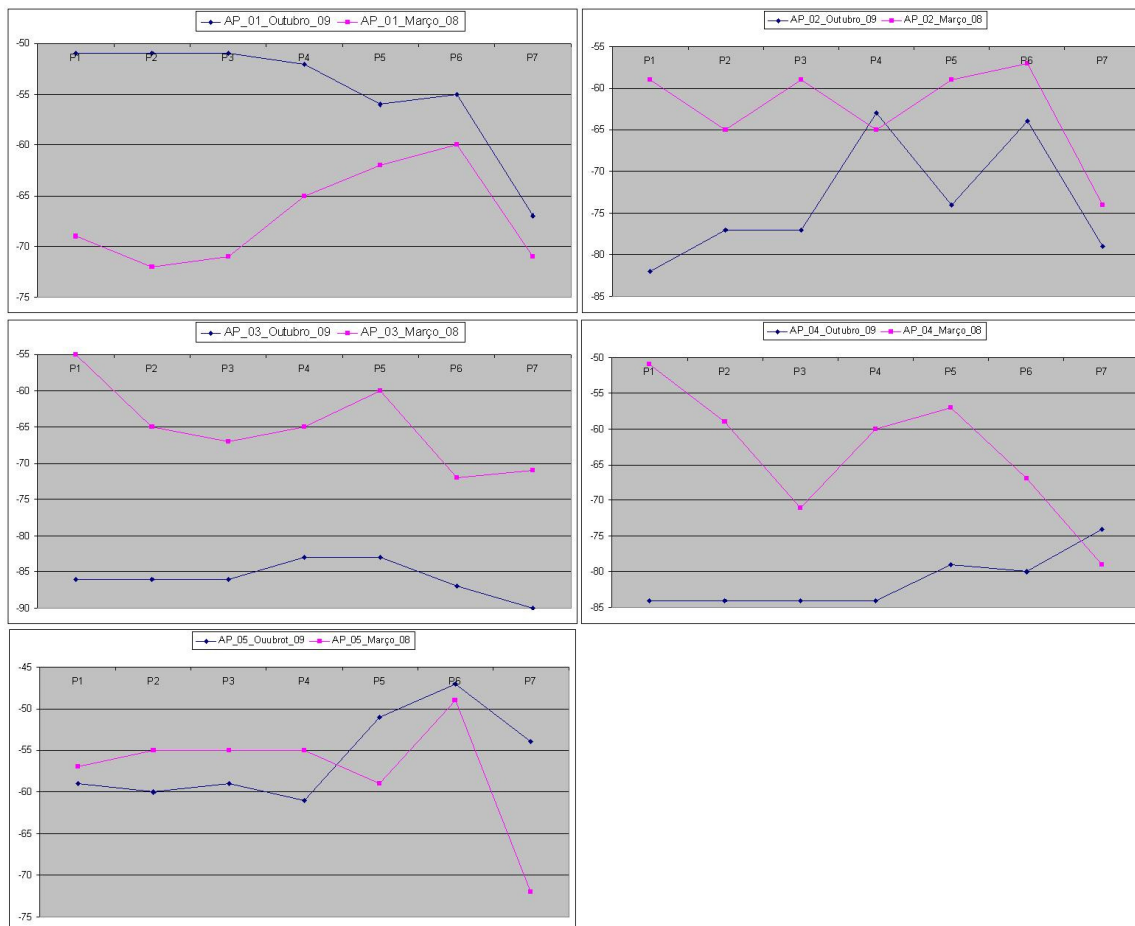


Gráfico 05 – Comparativo das intensidades dos sinais dos pontos de acessos em março de 2008 e outubro de 2009.

## 5.2 Premissa para avaliação da precisão dos resultados

Foi tomado como premissa que como a precisão do GPS-RTK é de horizontal 10mm + 1.5ppm e vertical de 20mm + 1.5ppm para levantamentos cinemáticos (TOPCON, 2004), foi adotado que este dispositivo neste modo é a posição real e somente os registros em que o campo que estavam neste modo foram utilizados para comparações de precisões dos testes.

Para se chegar ao valor da diferença, as coordenadas, tanto o GPS comum quanto o GPS-RTK, foram convertidas para o Sistema de Projeção UTM, mantendo-se o sistema geodésico WGS84. Em seguida, foram feitas as subtrações dos valores das coordenadas E e N, calculando-se a resultante pela lei dos cossenos.

### **5.3 Testes das intensidades dos Pontos de Acesso perfilados em campo aberto.**

Este teste possui dois objetivos. O primeiro, analisar o comportamento dos sinais de todos os APs em campo aberto. O segundo, verificar o comportamento da RNA com os dados sofrendo interferências ao mesmo tempo, pois como estão perfilados e próximos, quando alguma fonte gerar a interferência a mesma deverá impactar em todos.

Foram colocados lado a lado em campo aberto cinco AP da marca Zinwell, modelo G220, comprados do mesmo lote e um da Linksys modelo WRVS4400n. Em seguida, com um Tablet, foram coletados 115 registros com a intensidade de sinal destes Access Point juntamente com a Latitude e Longitude do GPS Real-Time Kinematic (RTK) e do GPS comum, a cada dois metros, em linha reta, de 0 a 12 metros de distância, capturados a cada 2 metros. Na figura 32, pode-se observar os pontos de acesso perfilados e a trena para que o teste seja feito.





Figura 32 – Preparação do cenário do 1º teste da segunda fase.

Após o término desta etapa, foram analisados os cálculos estatísticos das intensidades dos sinais dos cinco AP separados por conjunto de coleta. Esta análise será apresentada na seção 6.2.

#### **5.4 Testes em campo aberto sem obstáculos**

Este teste tem o objetivo de verificar o comportamento da RNA na modelagem de dados obtidos em campo aberto, simulando a área de obra ainda no início da obra sem que o terreno esteja com equipamentos, contêineres ou fundações.

Este teste foi realizado em campo aberto, criando-se um quadrado com 20 metros de lado. Em cada vértice, foi colocado um AP utilizado no teste 5.2. Com o mesmo *Tablet*, foram feitas, no interior deste quadrado, em torno de 600 coletas da intensidade de sinal dos quatro AP, juntamente com a Latitude e Longitude do GPS Real-Time Kinematic e do GPS comum. As coletas foram feitas seqüencialmente da esquerda para direita caminhando em ziguezague. Na figura 33, observa-se o local do teste em campo aberto e sem obstáculos.



Figura 33 – Preparação do cenário do teste em campo aberto e sem obstáculos.

### **5.5 Testes em campo aberto com obstáculos**

Este teste tem o objetivo de verificar o comportamento da RNA na modelagem de dados obtidos em campo aberto com o surgimento de obstáculos (paredes, colunas, vigas e etc) com o decorrer da obra. Conforme pode ser observado na figura 34, o operador está coletando os dados em campo aberto e com obstáculos. O teste foi realizado no mesmo dia e foi similar ao item 5.4, porém, em frente ao AP\_5 foi colocado um carro com motor ligado (figura 35), sendo o carro como obstáculo físico e o motor ligado uma interferência elétrica e magnética. No AP\_6, dois blocos de concreto e uma chapa metálica (figura 36). Foram feitas, no interior do quadrado, em torno de 750 coletas da intensidade de sinal dos quatro AP, juntamente com a Latitude e Longitude do GPS Real-Time Kinematic e do GPS comum. As coletas foram feitas iguais ao teste 5.4, seqüencialmente da esquerda para direita caminhando em ziguezague.



Figura 34 – Coleta de dados no cenário do teste em campo aberto com obstáculos.



Figura 35 – Detalhe do obstáculo colocado em frente ao AP\_05.



Figura 36 – Detalhe do obstáculo colocado em frente ao AP\_06.

## 5.6 Teste de precisão do GPS comum com o GPS-RTK.

Este teste tem por objetivo comparar a precisão do GPS comum, tomando como base o GPS-RTK. Para tal teste, foram utilizadas as coordenadas capturadas em todos os testes em campo aberto.

## Capítulo 6 Análise dos resultados

### 6.1 Análise das intensidades dos sinais em campo aberto

Foram feitas coletas das intensidades dos sinais e dos dados do GPS-RTK, em linha reta a cada 2 metros de 0 a 12 metros de distância. As amostras para os pontos de coleta junto aos pontos e acesso e a 12 metros de distância foram filtradas e após esta etapa foram gerados os gráficos, Histogramas e *Box Plot*. Com isto, a quantidade de amostras para cada um dos pontos irá variar de acordo com a qualidade dos dados armazenados. A figura 37 mostra os pontos de acesso alinhados com os seus respectivos rótulos e uma fita métrica para orientação das posições da coleta de dados.



Figura 37 – Preparação dos pontos de acesso para a coleta de dados.

O gráfico 06 mostra as intensidades dos pontos de acesso no ponto zero. Pode-se observar que a variação da intensidade da maioria deles é grande. O ponto de acesso que teve um comportamento mais uniforme foi o AP\_05, enquanto o AP\_03 foi o que teve a maior variação, o que pode ser melhor visualizado nas figuras 38 e 39 que apresentam o histograma e o *Box Plot* das intensidades de todos os pontos de acessos no ponto zero.

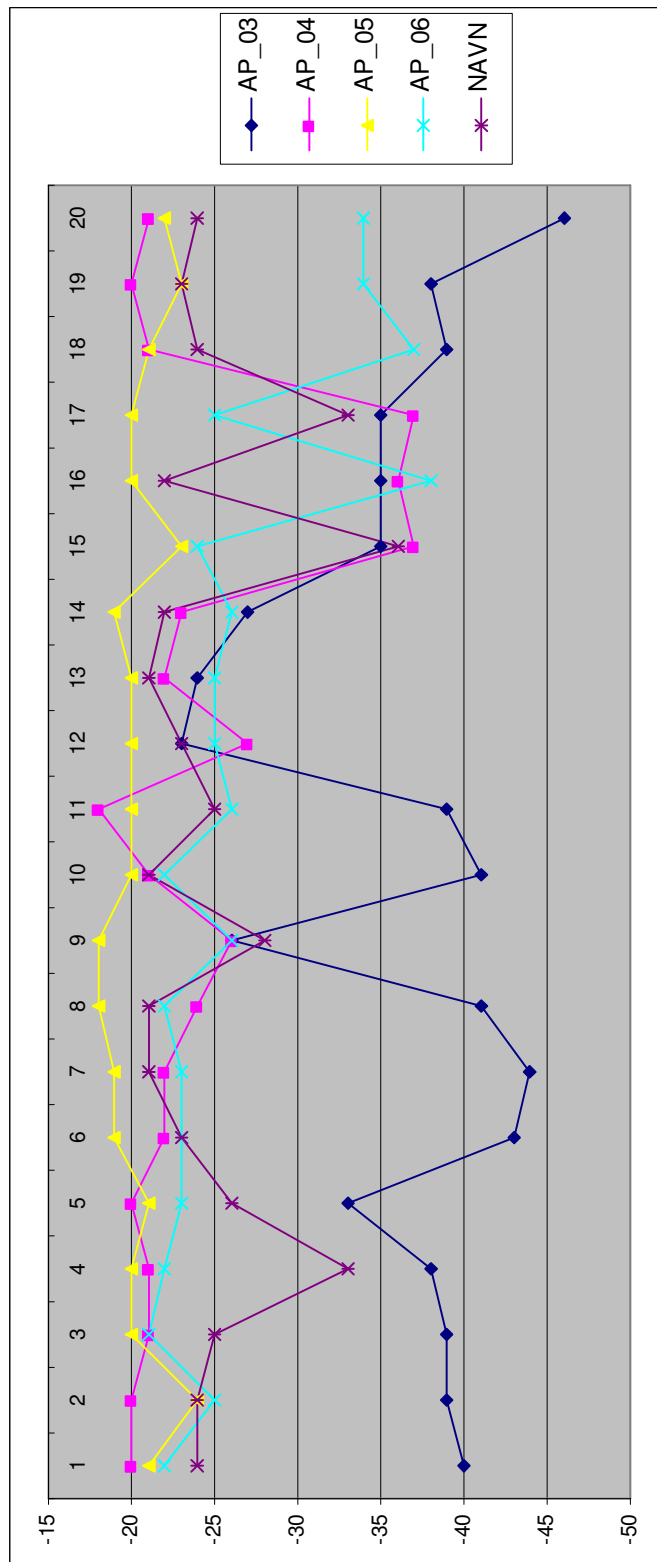


Gráfico 06 – Gráfico com os dados no ponto zero.

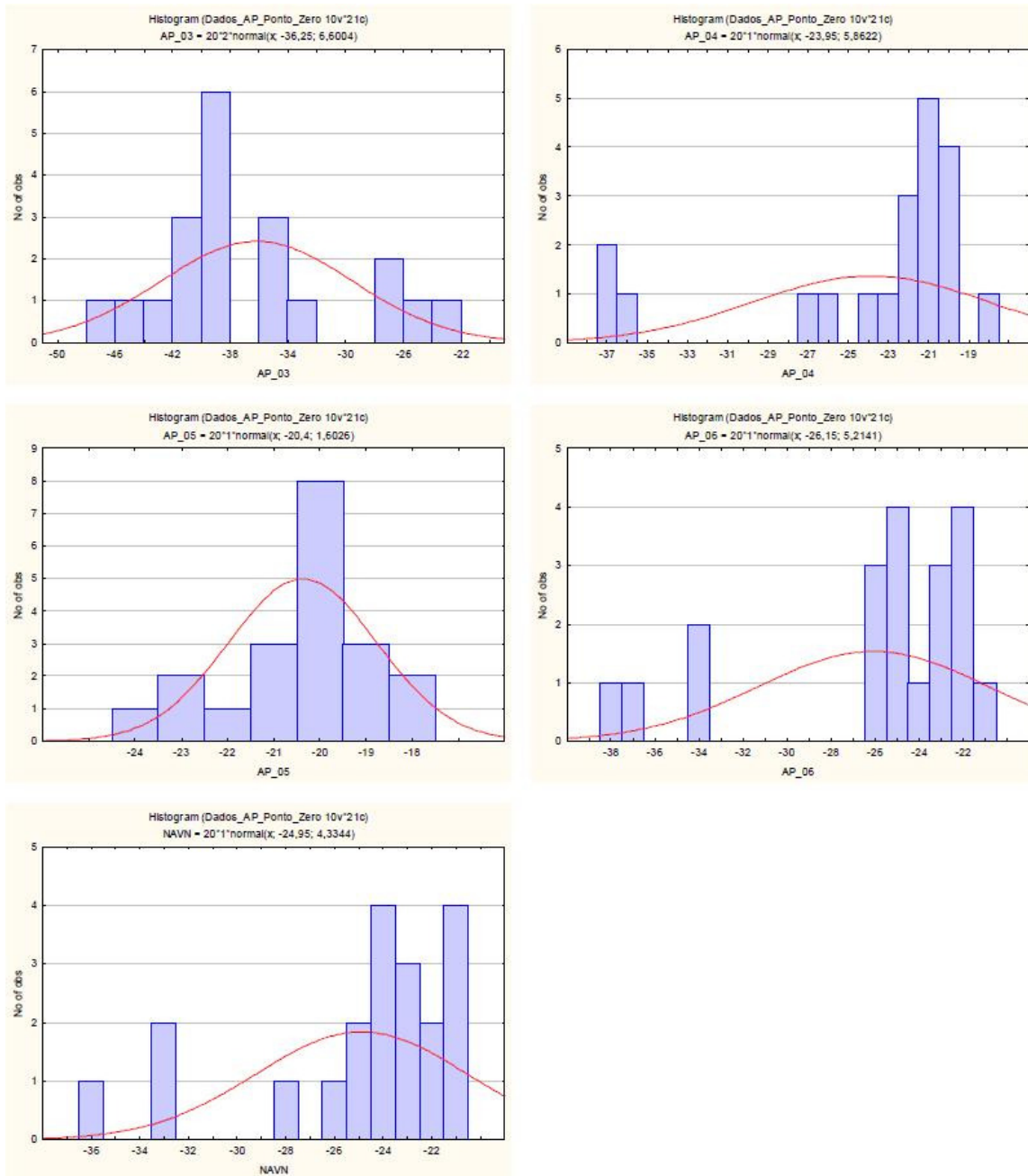


Figura 38 – Histograma com as intensidades gravadas no ponto zero.

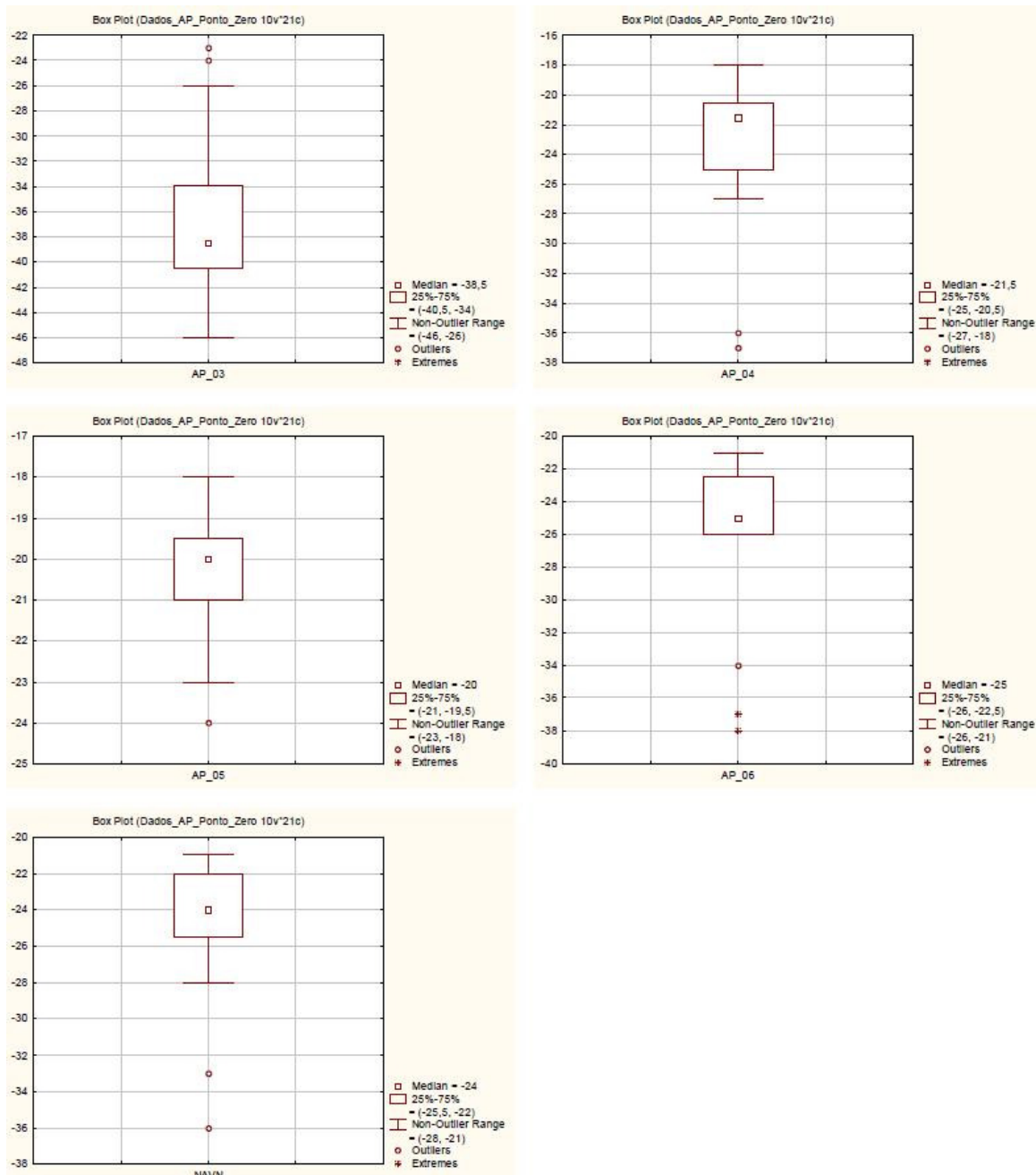


Figura 39 – *Box Plot* com as intensidades gravadas no ponto zero.

O gráfico 08 apresenta as intensidades dos Pontos de Acesso gravadas a distância de doze metros. Observa-se que a maioria dos pontos de acesso apresentam uma variação de intensidade mais uniforme e com menor amplitude em relação ao gráfico do ponto zero.

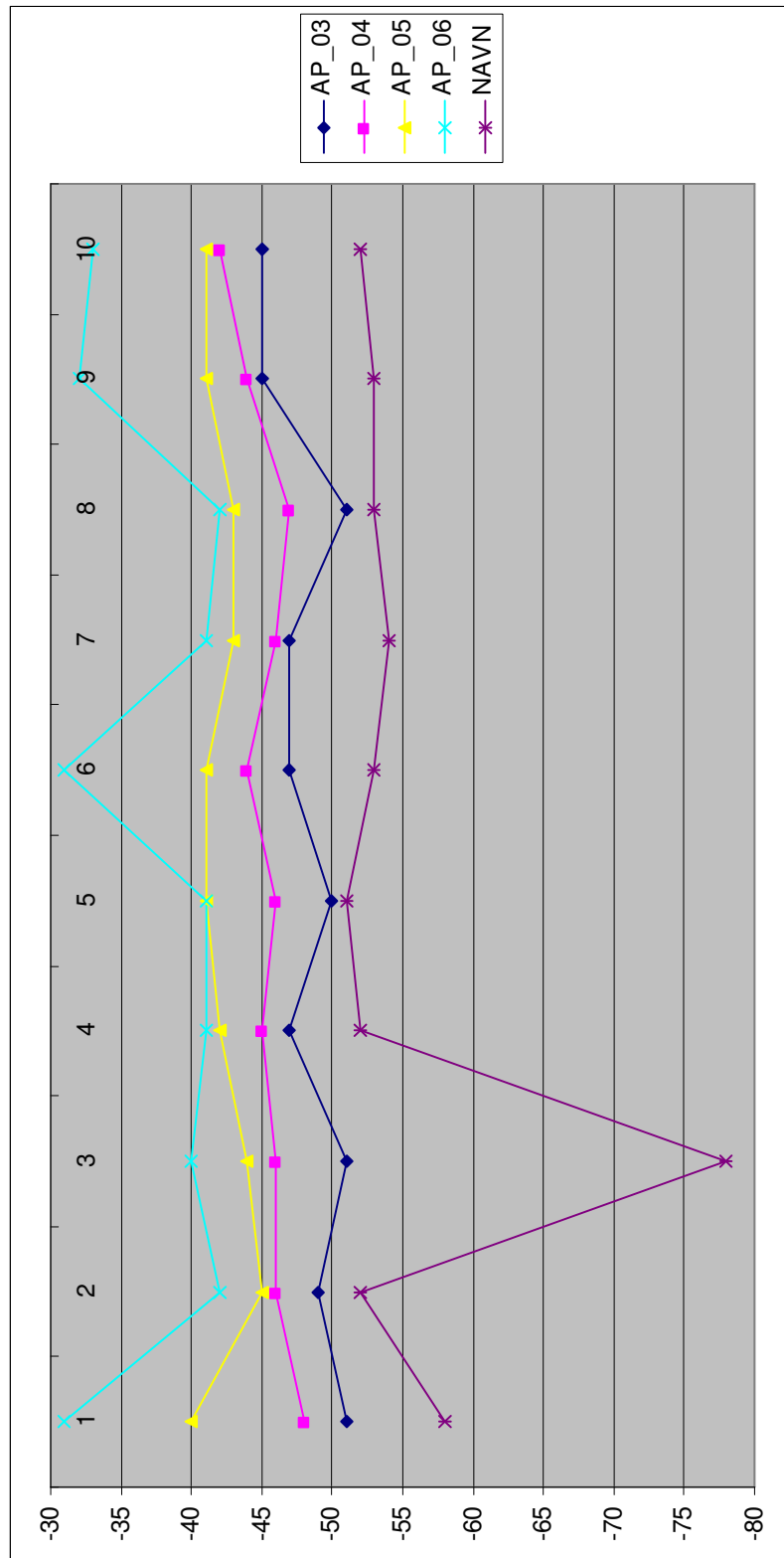


Gráfico 07 – Gráfico com as intensidades gravadas a doze metros dos APs.



Nas figuras 40 e 41 encontra-se o histograma e *Box plot* das intensidades de todos os pontos de acessos a distância de 12 metros, onde verifica-se que o NAV-N, embora possua um valor muito distante da média, foi o que apresentou a menor variação na intensidade. Verifica-se também que o AP\_06, com concentração de valores em pontos extremos, é um exemplo de um comportamento não desejado, pois, se em um mesmo ponto de aferição ocorre grande variação de intensidade, isto indica que ou naquele momento de coleta ocorre no ponto uma considerável interferência de sinal ou que o equipamento não está confiável. Isso irá dificultar o treinamento da RNA e com isto poderá comprometer a precisão do sistema.

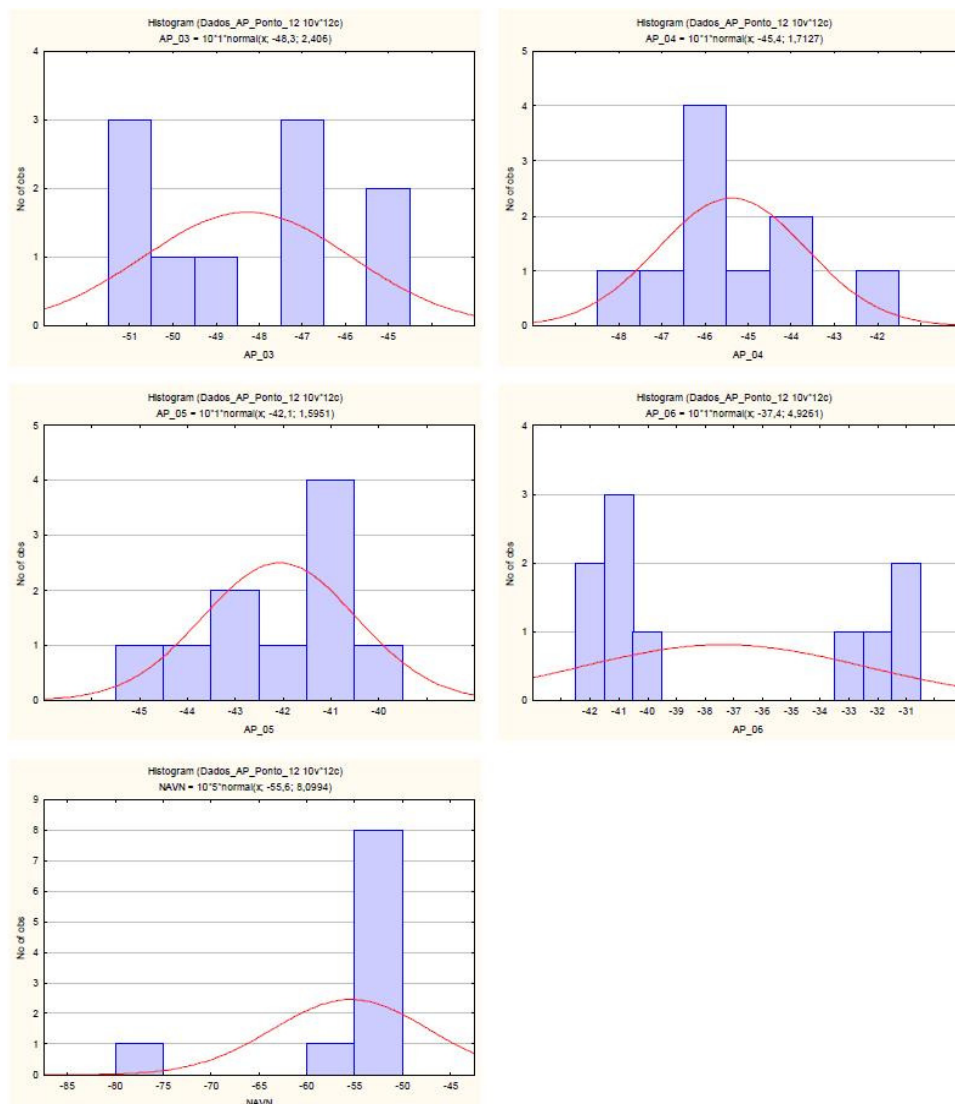


Figura 40 – Histograma com as intensidades gravadas a doze metros dos APs.

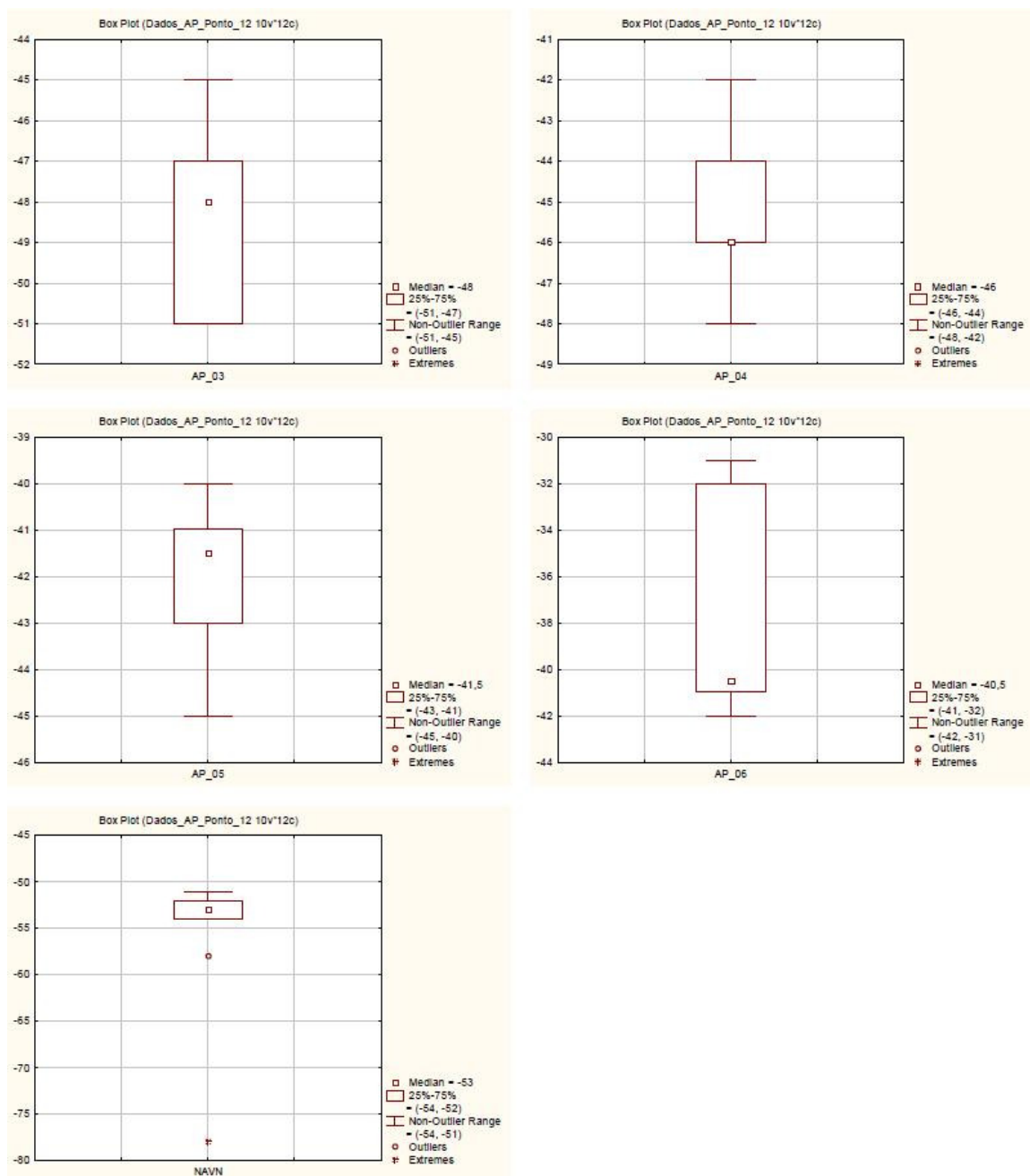


Figura 41 – *Box Plot* com as intensidades gravadas a doze metros dos APs.

## 6.2 Análise dos resultados da RNA

Em todos os testes, os dados foram submetidos a dois tipos de RNA *Back Propagation* e GRNN. Foram feitas várias configurações de parâmetros diferentes, bem como verificar a diferença de treinar para duas saídas ou saídas separadas. A melhor configuração com os seus respectivos resultados são descritos nos itens a seguir.

### 6.2.1 Teste com Pontos de Acesso em linha reta

Para este teste, dos 120 registros capturados foram filtrados 115. Desses foram utilizados 104 registros (90%) para o treinamento e testes e outros 11 (10%) diferentes registros para a predição. A configuração da RNA do melhor resultado para este teste foi com o tipo de rede GRNN, 5 entradas, 2 saídas, número 2 camadas escondidas sendo que na 1ª são 52 neurônios e na segunda são 3 neurônios.

Obtendo os seguintes resultados, conforme pode ser observado na tabela 02. Todos os dados estão em metros.

<b>Easting – Pred</b>	<b>Easting – Real</b>	<b>Diferença – Easting</b>	<b>Northing – Pred</b>	<b>Northing – Real</b>	<b>Diferença – Northing</b>	<b>Erro</b>
682944.90	682944.90	0.00	2529615.75	2529615.76	-0.01	<b>0.01</b>
682944.31	682944.91	-0.60	2529614.99	2529615.73	-0.74	<b>0.95</b>
682942.75	682943.95	-1.20	2529612.75	2529614.39	-1.64	<b>2.03</b>
682943.96	682943.96	0.00	2529614.38	2529614.38	0.00	<b>0.00</b>
682942.71	682942.67	0.04	2529612.67	2529612.67	0.00	<b>0.04</b>
682941.47	682941.48	-0.01	2529610.77	2529610.76	0.01	<b>0.01</b>
682938.66	682938.56	0.10	2529606.13	2529605.97	0.16	<b>0.19</b>
682938.93	682938.57	0.36	2529606.58	2529605.97	0.61	<b>0.71</b>
682938.63	682938.57	0.06	2529606.07	2529605.97	0.10	<b>0.12</b>
682940.50	682938.57	1.93	2529609.18	2529605.97	3.21	<b>3.75</b>
682938.54	682938.48	0.06	2529605.97	2529605.98	-0.01	<b>0.06</b>

Tabela 02 – Tabela com os dados desejados, predição e o erro em metros.

Como comentado no Capítulo I, um dos objetivos desse trabalho era conseguir uma precisão de até 1 metro. Conforme pode ser constatado na tabela 03, que mostra o percentual das faixas de valores de erro, neste teste o objetivo foi obtido em 82% das amostras, sendo que em 45% do total dos dados analisados, a precisão foi menor do que 10 cm.

Atribui-se este resultado ao fato de possuir uma adequada relação entre a quantidade e qualidade das amostras para treinamento e número total de pontos observados, o que reforça a necessidade de obter uma boa quantidade de amostras com qualidade da área a ser treinada.

<b>Faixa de valores</b>	<b>Observações</b>	<b>Percentual</b>
0.00 – 0.00	1	9%
0.01 – 0.05	3	27%
0.06 – 0.10	1	9%
0.11 – 0.20	2	18%
0.50 – 1.00	2	18%
2.00 – 2.10	1	9%
3.20 – 3.30	1	9%
<b>Total</b>	11	

Tabela 03 – Tabela com os dados percentuais das faixas de erro em metros.

No gráfico 09, pode ser visualizada a disposição das faixas de erro com seus respectivos percentuais.

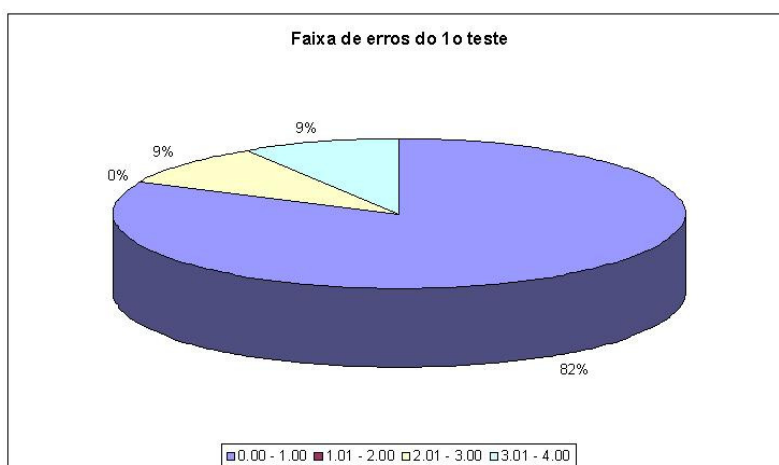


Gráfico 08 – Gráfico com a faixa de erro em metros no campo aberto perfilados.

### 6.2.2 Teste em campo aberto sem obstáculos

Para este teste, dos 542 registros foram filtrados 268 registros. Desses foram utilizados 244 registros (91%) para o treinamento e testes e outros 24 (9%) diferentes registros para a predição. A configuração da RNA do melhor resultado para este teste foi com o tipo de rede GRNN, 4 entradas, 2 saídas, número 2 camadas escondidas sendo que na 1ª são 122 neurônios e na segunda são 3 neurônios.

Obtendo os seguintes resultados, conforme pode ser observado na tabela 04.

<b>Easting – Pred</b>	<b>Easting – Real</b>	<b>Diferença – Easting</b>	<b>Northing – Pred</b>	<b>Northing – Real</b>	<b>Diferença – Northing</b>	<b>Erro</b>
682947.76	682947.85	0.09	2529611.85	2529611.43	0.42	0.43
682939.71	682939.68	0.03	2529617.52	2529617.47	0.05	0.06
682936.82	682938.04	1.22	2529615.88	2529617.75	-1.87	2.24
682947.60	682948.63	1.03	2529607.94	2529609.87	-1.93	2.19
682951.80	682951.70	0.10	2529605.62	2529605.65	-0.03	0.10
682950.78	682946.79	3.99	2529611.16	2529608.71	2.45	4.68
682943.64	682944.29	0.65	2529611.62	2529610.03	1.59	1.72
682936.58	682940.27	3.69	2529609.09	2529612.13	-3.04	4.78
682938.92	682938.94	0.02	2529611.41	2529611.83	-0.42	0.42
682939.86	682940.19	0.33	2529610.28	2529611.10	-0.82	0.88
682941.70	682942.90	1.20	2529610.54	2529609.66	0.88	1.49
682946.90	682946.65	0.25	2529606.51	2529607.01	-0.50	0.56
682950.14	682949.46	0.68	2529604.11	2529604.95	-0.84	1.08

682950.27	682949.71	0.56	2529604.85	2529603.46	1.39	1.50
682946.73	682946.66	0.07	2529604.61	2529604.79	-0.18	0.19
682938.61	682937.38	1.23	2529610.78	2529609.69	1.09	1.64
682937.82	682935.19	2.63	2529611.70	2529609.46	2.24	3.46
682939.39	682936.39	3.00	2529606.52	2529608.61	-2.09	3.66
682938.09	682938.82	0.73	2529608.21	2529606.93	1.28	1.47
682950.24	682949.63	0.61	2529601.15	2529599.75	1.40	1.52
682947.00	682948.26	1.26	2529600.83	2529598.48	2.35	2.66
682942.36	682943.01	0.65	2529600.95	2529600.17	0.78	1.02
682947.39	682947.53	0.14	2529598.52	2529597.71	0.81	0.83
682940.24	682940.05	0.19	2529600.11	2529599.53	0.58	0.61

Tabela 04 – Tabela com os dados desejados, predição e o erro em metros.

Encontra-se na tabela 05, o percentual das faixas de valores de erro, neste teste com valor inferior a 1 metro foi de 38% das amostras. Como também será comentado no próximo teste, para que o percentual da precisão aumente, é necessário um ajuste na metodologia de coleta de dados, pois, como a área de capturada de dados foi de 400m<sup>2</sup>, o tempo somente para coleta desse teste estimado em 1h30min e associado ao tempo a elevada temperatura na época dos testes, provocaram erros inerentes ao processo de coletada de dados. Esse erro originou leituras do GPS-RTK fora do modo *Fix*, que deve ficar parado em linha reta para essas leituras. Como para o treinamento da RNA foram considerados somente registros com o modo *Fix*, sendo então as leituras fora desse modo não consideradas para o treinamento. Atribui-se ao erro na coleta a baixa quantidade (49,45%) de registros filtrados para o treinamento da RNA. Com essa baixa quantidade de amostras não foi apresentado a RNA uma quantidade ideal de amostras para determinar um padrão de entrada para qualquer ponto da área, acarretando com isto, uma porcentagem de 62% de predição superior a 1 metro o que indica que a atual metodologia deve ser melhorada objetivando uma porcentagem maior de precisão até 1 metro.

Faixa de valores	Observações	Porcentagem
0.00 – 0.10	2	8%
0.11 – 0.50	3	13%
0.51 – 1.00	4	17%
1.01 – 2.00	8	33%
2.01 – 3.00	3	13%
3.01 – 4.00	2	8%
4.01 – 5.00	2	8%
<b>Total</b>	<b>24</b>	

Tabela 05 – Tabela com os dados percentuais das faixas de erro em metros na GRNN.

No gráfico 10, pode-se observar a disposição das faixas de erro pelo GRNN e BP e verifica-se que a metade das observações na GRNN ficou abaixo de 1,5 m enquanto que na BP ficou abaixo de 4,0 m.

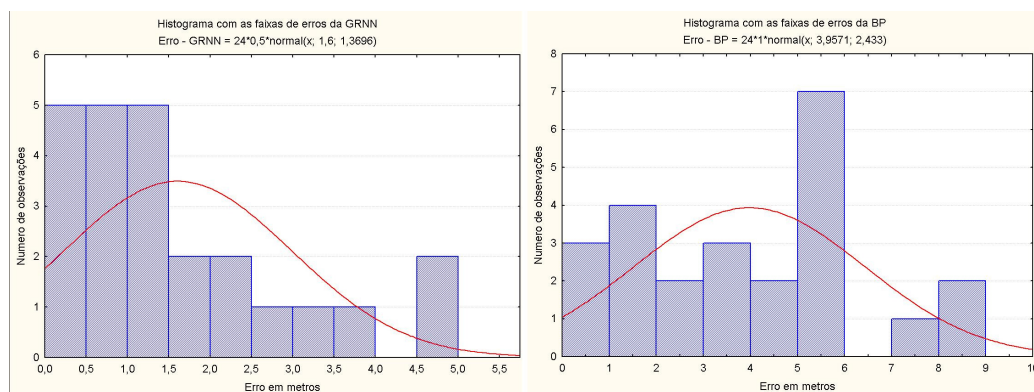


Gráfico 9 – Gráfico com o histograma e a disposição da faixa de erro em metros em campo aberto sem obstáculos da GRNN e BP.

### 6.2.3 Teste em campo aberto com obstáculos

Para este teste, dos 832 registros foram filtrados 474, desses foram utilizados 431 registros (91%) para o treinamento e testes e outros 43 (9%) diferentes registros para a predição. A configuração da RNA do melhor resultado para este teste foi com o tipo de rede GRNN, 4 entradas, 2 saídas, número 2 camadas escondidas sendo que na 1ª são 423 neurônios e na segunda são 3 neurônios.

Na tabela 06, é apresentado uma amostra dos resultados desse teste. Em vermelho encontra-se o maior erro encontrado enquanto em verde o menor erro. Essas duas amostras serão utilizadas para servir como base para discorrer a hipótese que está sendo sugerida no item 6.2.1.

<b>Easting – Real</b>	<b>Easting – Pred</b>	<b>Diferença – Easting</b>	<b>Northing – Real</b>	<b>Northing – Pred</b>	<b>Diferença – Northing</b>	<b>Erro</b>
682953.99	682952.84	1.14	2529609.45	2529608.59	0.86	1.43
682953.32	682945.20	8.12	2529609.95	2529606.17	3.78	8.95
<b>682949.94</b>	<b>682942.72</b>	<b>7.22</b>	<b>2529612.04</b>	<b>2529604.94</b>	<b>7.10</b>	<b>10.13</b>
682940.19	682941.93	-1.75	2529615.96	2529611.90	4.06	4.42
682947.92	682946.37	1.56	2529609.92	2529605.75	4.17	4.45
682952.78	682952.75	0.03	2529606.91	2529606.61	0.30	0.30
682950.68	682945.67	5.01	2529606.89	2529610.68	-3.79	6.28
682950.95	682949.16	1.78	2529607.02	2529606.29	0.73	1.93
682945.47	682945.60	-0.13	2529611.02	2529611.86	-0.84	0.85
682942.03	682942.06	-0.03	2529612.99	2529612.56	0.43	0.43
682950.44	682950.77	-0.33	2529606.09	2529605.20	0.89	0.95
682948.37	682945.83	2.54	2529606.01	2529607.30	-1.29	2.85
682941.24	682944.75	-3.50	2529609.86	2529609.36	0.49	3.54
682936.38	682938.91	-2.52	2529612.21	2529612.62	-0.42	2.56
682939.88	682944.14	-4.26	2529609.61	2529604.35	5.26	6.77
682943.47	682945.68	-2.21	2529607.01	2529600.38	6.64	7.00
682947.53	682947.87	-0.34	2529604.32	2529598.12	6.20	6.21
682949.54	682943.75	5.79	2529601.55	2529608.42	-6.87	8.98
682943.22	682945.09	-1.86	2529602.24	2529605.56	-3.32	3.81
682948.48	682946.18	2.29	2529597.03	2529601.84	-4.81	5.33
682941.10	682940.32	0.79	2529601.82	2529602.09	-0.26	0.83
682939.07	682939.88	-0.81	2529603.21	2529603.17	0.04	0.82
<b>682933.03</b>	<b>682933.00</b>	<b>0.04</b>	<b>2529607.28</b>	<b>2529607.30</b>	<b>-0.02</b>	<b>0.04</b>
682935.37	682935.38	-0.01	2529605.14	2529605.47	-0.34	0.34
682949.27	682949.16	0.11	2529595.69	2529595.70	-0.01	0.11
682944.68	682946.77	-2.09	2529602.21	2529608.43	-6.22	6.56

Tabela 06 – Tabela com os dados desejados, predição e o erro em metros.

Encontra-se na tabela 07, o percentual das faixas de valores de erro, neste teste com valor inferior a 1 metro foi de 26% das amostras. Como a quantidade de registros úteis foi baixa (56,97%), o percentual de resultado acima de 1 metro foi de 74% o que reforça as



observações da análise no item 6.2.2 sobre a hipótese criada no teste em linha reta (item 6.2.1). Assim para se obter uma probabilidade de até 1 metro em toda a área, deve-se obter uma grande massa de dados, todos coletados com o GPS-RTK no modo *Fix e* distância menor entre os pontos de coleta. Com isto, será possível ter uma precisão maior em toda a área desejada.

<b>Faixa de valores</b>	<b>Observações</b>	<b>Porcentagem</b>
0.00 – 0.10	2	5%
0.11 – 0.50	4	9%
0.51 – 1.00	5	12%
1.01 – 2.00	2	5%
2.01 – 3.00	5	12%
3.01 – 4.00	4	9%
4.01 – 5.00	7	16%
5.01 – 6.00	2	5%
6.01 – 7.00	4	9%
7.01 – 8.00	5	12%
8.01 – 9.00	2	5%
9.01 – 10.00	0	0%
10.01 – 11.00	1	2%
<b>Total</b>	43	

Tabela 07 – Tabela com os dados percentuais das faixas de erro em metros.

No gráfico 11, encontram-se as faixas de erro com seus respectivos percentuais.

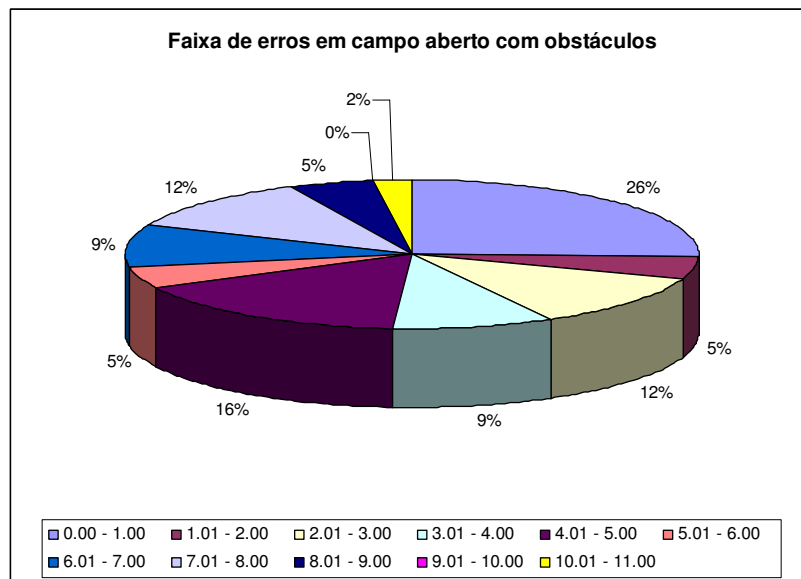


Gráfico 10 – Gráfico com a faixa de erro em metros no campo aberto com obstáculos.

Para verificar visualmente o que foi discursado nos itens 6.2.1, 6.2.2 e neste item com relação à Hipótese levantada no teste em linha reta (item 6.2.1), as posições dos dados de treinamento e o melhor e pior ponto foram plotadas no *Google Earth* e o resultado pode ser visto nas figuras 42 e 43. O ponto em vermelho é o ponto a ser observado e os demais são os pontos de treinamento.



Figura 42 – Plotagem no Google Earth do melhor ponto observado no teste.



Figura 43 – Plotagem no Google Earth do pior ponto observado no teste.

Como se pode verificar, dos 832 registros somente 474 foram utilizados por possuírem os dados do GPS–RTK no modo *Fix*. Isto se deve as dificuldades inerentes do processo de captura dos dados. Se for criado um dispositivo portátil para a coleta dos dados, com lugares fixos para colocação do GPS e do Tablet, acredita-se que a maioria dos dados coletados seriam no modo *Fix* e com isto poderiam ser utilizados. Uma outra questão é a quantidade maior de pontos e de registros capturados para aperfeiçoar o treinamento da RNA e com isto melhorar a precisão do sistema.

### 6.3 Comparação da precisão do GPS no modo RTK x GPS Holux

Para comparar a precisão entre dois tipos de GPS, foram realizadas coletas, ao mesmo tempo, dos posicionamentos dados pelo RTK e Holux. Estas coletas foram realizadas utilizando os mesmos equipamentos em todos os testes e coletados simultaneamente como pode ser visto na figura 44. Observa-se na figura 45, o GPS Holux sobre o Tablet HP.



Figura 44 – coleta simultânea das coordenadas dos GPS.



Figura 45 – Detalhe mostrando o GPS Holux.

Para calcular o valor da diferença, as coordenadas, tanto o GPS comum quanto o GPS-RTK, foram convertidas para o Sistema de Projeção UTM, mantendo-se o sistema geodésico WGS84. Em seguida foram feitas as subtrações dos valores das coordenadas *Easting* e *Northing*, observou-se que o vértice dessas diferenças, em todos os casos, formava sempre um ângulo de 90°, com isto, foi deduzido que seria possível calcular pela lei dos cossenos (SMITH, D.E., 1958) a resultante, como pode ser visto no exemplo a seguir, aplicando-se na equação 2.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos \hat{A} \quad 2$$

Onde:

a – distância desejada,

b – diferença entre o *Easting* do RTK com o do GPS comum,

c – diferença entre o *Northing* do RTK com o do GPS comum.

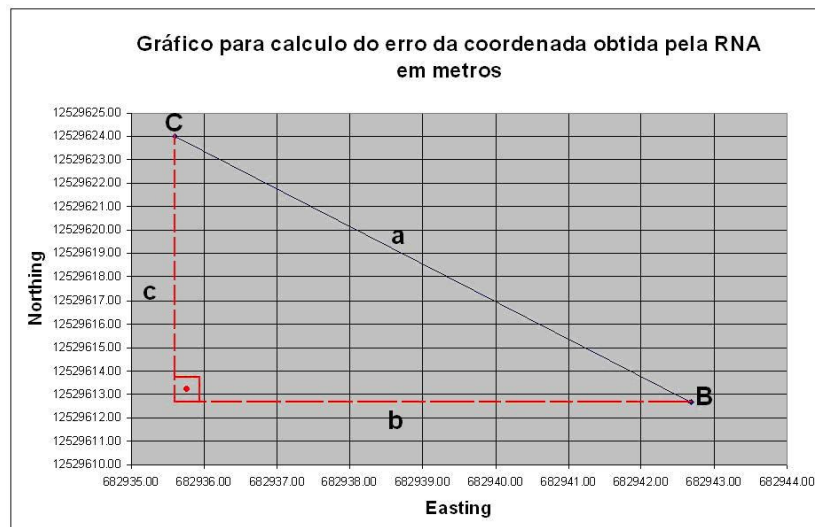


Gráfico 11 – Gráfico com as coordenadas e pontos.

Para comparar visualmente, as posições foram posteriormente plotadas no *Google Earth* e o resultado pode ser visto na figura 46. No lado esquerdo da imagem, visualizam-se as coordenadas recebidas pelo GPS RTK e no lado direito as coordenadas do GPS comum.

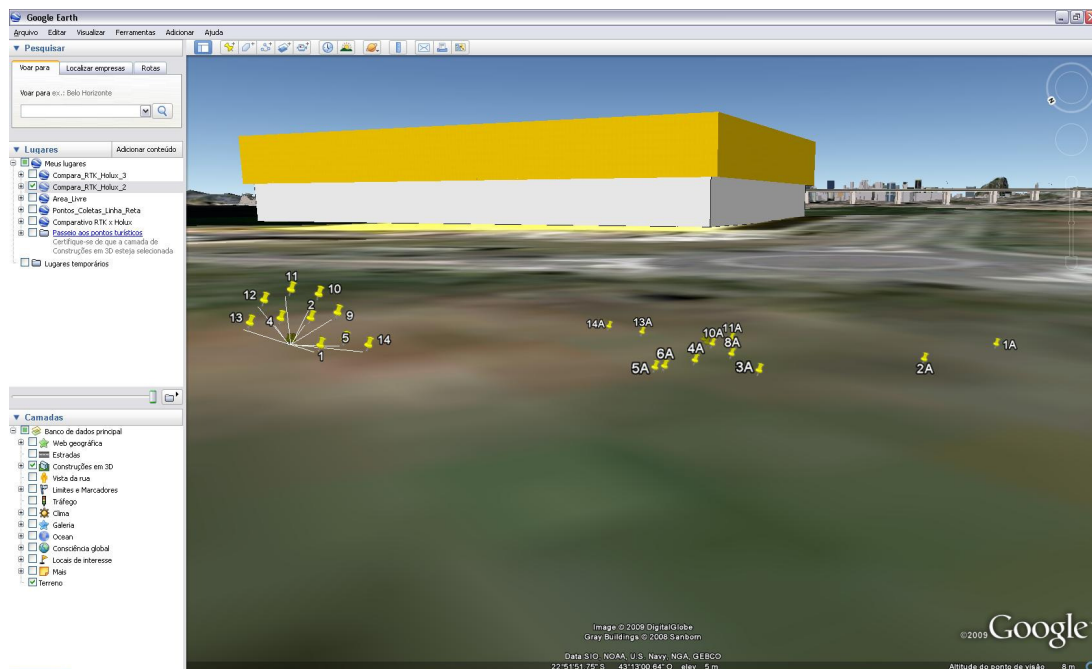


Figura 46 – Imagem do *Google Earth* com a plotagem das coordenadas dos dois tipos de GPS.

Visualmente pode-se verificar a diferença da distância entre os pontos e a dispersão das coordenadas recebidas pelo GPS comum, que é a concentração dos pontos lidos do RTK.

Após calcular o valor da diferença, obteve-se a tabela 08 com diferenças de distância entre a coordenada do GPS-RTK e Holux que estão entre 6m a 13 metros.

Pontos	Coordenadas UTM
1A	13,35 m
2A	11,46 m
3A	8,77 m
4A	7,61 m
5A	7,10 m
6A	7,24 m
7A	7,25 m
8A	8,24 m
9A	7,76 m
10A	7,83 m
11A	8,31 m
12A	7,78 m
13A	6,68 m
14A	6,21 m
15A	6,26 m

Tabela 08 – distância entre as coordenadas do GPS-RTK e Holux calculadas utilizando as coordenadas UTM e a ferramenta do *Google Earth*.

Visualiza-se na figura 47, o Histograma com o desvio padrão e verifica-se a variação dos valores e, que a maioria destes valores varia entre 7 e 8 metros.

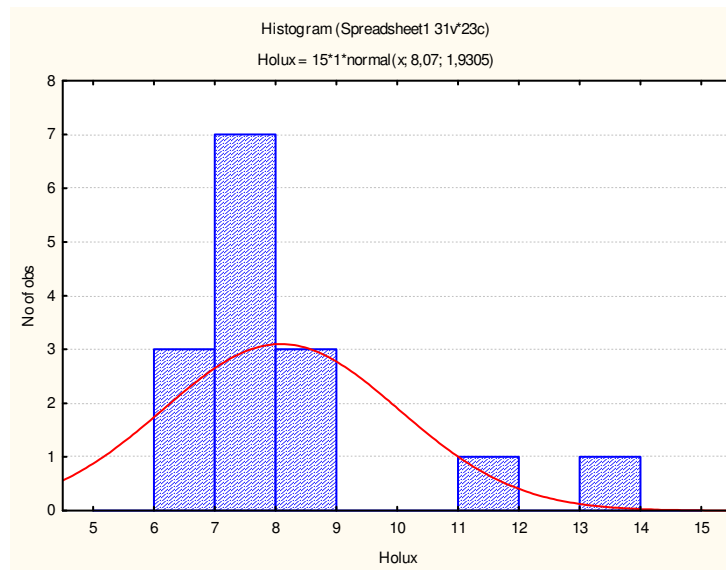


Figura 47 – Histograma com a distribuição das distâncias entre as coordenadas.

Estes resultados indicam que para a utilização na Realidade Aumentada este tipo de GPS não é apropriado, pois, com o erro em torno de 7 metros, ao sobrepor a imagem real da obra e o modelo virtual irá formar uma visualização muito defasada. Com isto, não deverá auxiliar no entendimento do que está sendo exposto, mesmo na visualização da obra como um todo e não de um detalhe da obra.

## Capítulo 7 Conclusões e trabalhos futuros

Como visto na introdução, a necessidade da localização de pessoas e equipamentos dentro de edificações (*indoor*) ou em ambientes externos (*outdoor*) torna-se, a cada dia, mais necessária e amplamente utilizada em diferentes áreas e aplicações. Várias técnicas e equipamentos de localização em ambos os casos têm sido propostos com o objetivo de criar localizadores que forneçam o posicionamento e o rastreamento geográfico de dispositivos móveis com diferentes graus de precisão tornando possível, com isto, o desenvolvimento de aplicativos que utilizem este posicionamento para as mais diversas aplicações.

A proposta desta Dissertação foi estudar a viabilidade do desenvolvimento de um sistema de posicionamento 2D de dispositivos móveis em ambientes externos utilizando a tecnologia de rede sem fio Wi-Fi com precisão superior a um GPS comum, com até 1 metro de precisão na maioria dos posicionamentos calculados.

Com esse posicionamento, fornecer a coordenada com boa precisão sem a necessidade de outros equipamentos agregados ao dispositivo móvel, tornando-se um sistema com maior mobilidade. Podendo assim, ser utilizada no canteiro de obra tanto para posicionamento quanto para RA voltada para construção civil.

Para o reconhecimento dos padrões de entrada e prever o posicionamento, será realizado o treinamento supervisionado com as Redes Neurais Artificiais (RNA), apresentando as intensidades dos sinais dos pontos de acesso como entrada e associando-as as coordenadas do GPS-RTK como dados desejáveis de saída.

Nos estudos preliminares, a avaliação do comportamento dos sinais dos pontos de acesso em um ambiente controlado, demonstrou que mesmo em ambiente controlado existe uma oscilação absoluta e relativa do sinal em cada AP, mesmo sendo da mesma marca, modelo e comprados no mesmo lote. Outra avaliação era analisar o comportamento dos sinais em horários de expediente e fora dele. Foi observado que no horário de expediente os



operários trabalhavam com equipamentos que geravam interferências elétricas e magnéticas, as intensidades coletadas nesse período tiveram uma oscilação maior se comparado com a coleta fora do horário de expediente.

Ainda nos estudos preliminares, outra avaliação foi analisar o desempenho do adaptador de rede sem fio padrão do dispositivo móvel utilizado, foi concluído que embora o adaptador *Trendnet* possua uma oscilação menor do sinal se comparado ao adaptador padrão, observou-se que ocorreram algumas falhas do dispositivo (51) no decorrer do teste. Somado ao fato de que em nenhum outro teste relatado nessa Dissertação tenha ocorrido falhas do adaptador padrão, além disso, um dos objetivos dessa Dissertação era a não necessidade de utilização de outros equipamentos agregados ao dispositivo móvel, concluiu-se que a utilização do adaptador padrão era aceitável.

Na segunda parte do estudo, a primeira análise era verificar o comportamento das intensidades de sinal em campo aberto. Para isto, foram colocados quatro pontos de acesso perfilados da mesma marca modelo e comprados no mesmo lote, além do quinto de marca diferente e medido as suas intensidades em linha reta. O objetivo foi analisar o comportamento dessas intensidades. Foi percebido que à medida que se afasta dos mesmos a variação entre valores mínimos e máximos tende a ficar dentro de uma faixa limitada embora, assim como observado no ambiente controlado, cada um dos pontos de acesso oscila em faixa diferente se comparados concomitantemente.

Após esta análise, utilizou-se os mesmos dados para verificar o comportamento das RNA em modelar poucos pontos de observação, porém, com boa quantidade de amostras para cada ponto. Verificou-se que o ponto com a predição mais precisa foi o que teve, ao seu redor, o maior número de registros muito próximos para treinamento na RNA. Com o resultado de 82% das amostras com precisão abaixo de 1 metro e 18% entre 2 a 4 metros. Além disso, em 45% do total das amostras analisadas a precisão foi menor que 10 cm. Foi observado que muito próximo aos pontos com as maiores precisões na predição, existiam aproximadamente 8 amostras utilizadas no treinamento. Com estas informações, chegou-se

a hipótese que para obter uma boa precisão, necessita-se de várias coletas com o GPS-RTK no modo *Fix* em pontos de coleta próximos.

Esta Hipótese é corroborada nas análises subsequentes dos dois outros testes feitos em campo aberto, com e sem obstáculos, em um quadrado de lado 20 metros e no qual em cada vértice foi colocado um ponto de acesso.

No teste em campo aberto sem e com obstáculos foram observados respectivamente que 38% e 26% das amostras tiveram uma precisão inferior a 1 metro. Como foi comentado na análise dos resultados desses testes, um fator contribuiu para essas não satisfatórias porcentagens. A forma utilizada na metodologia para a coleta dos dados provocou dificuldades inerentes ao processo de coleta de dados o que provocou sensíveis perdas de registros para o treinamento da RNA, pois, foram considerados somente os registros com o modo *Fix*, sendo então as leituras fora desse modo não consideradas para o treinamento. Atribui-se a essa dificuldades a baixa quantidade (49,45% para o teste sem obstáculos e 56,97% para o teste com obstáculos) de registros filtrados para o treinamento da RNA.

Com essa baixa quantidade de amostras não foi apresentado a RNA uma quantidade suficiente de amostras para determinar um padrão de entrada para qualquer ponto da área, acarretando com isto, uma porcentagem superior, em ambos os casos, de predição superior a 1 metro. O que indica que a atual metodologia deve ser ajustada objetivando obter uma grande massa de dados, todos coletados no modo *Fix* e com a distância menor entre os pontos de coleta. Como resultado desse ajuste na metodologia deverá resultar em uma boa quantidade de registro para treinamento da RNA e com isso a porcentagem de precisão até 1 metro deverá ter um incremento significativo. É sugerida a elaboração de um mecanismo móvel com local para o GPS-RTK e o dispositivo móvel de coleta de dados.

O resultado experimental no teste com os pontos de acesso em linha reta, teve um bom grau de precisão, muito superior a um GPS comum chegando a 82% dos testes com precisão até 1 metro. Com as observações descritas sobre este teste e com o ajuste na metodologia sugerido nos testes com e sem obstáculos, os resultados apontam ser viável a

utilização da tecnologia Wi-Fi para a elaboração de um sistema de posicionamento com bom grau de precisão sem a necessidade de outros equipamentos agregados ao dispositivo móvel.

Como trabalhos futuros, pode-se citar a implementação do sistema completo, compreendido em coleta dos dados, treinamento da RNA e utilização do sistema. Escolha e implementação de uma das técnicas de posicionamento *indoor* para agregar valor ao sistema e tornando área de atuação do sistema mais abrangente. Analisar a utilização de pontos de acesso *Outdoor* com potências maiores. O ajuste na metodologia e a criação do dispositivo veicular para efetuar uma coleta minuciosa e mais precisa, para que com isto torne o sistema mais preciso e estável. Modelar as Redes Neurais com o perfil comportamental do usuário e implementar a crítica do sistema de posicionamento com este resultado.

## Referencia Bibliográfica

AKALA, A.O., DOHERTY, P.H., CARRANO, C.S. *et al.*, 2009, “The role of global positioning system (GPS) in future aviation safety in Nigeria”, In: **Anais do congresso Institute of Navigation - International Technical Meeting, ITM 2009**, pp. 196-202, Anaheim, CA, United States, 26-28 January.

ALMEIDA, M.V., 2009, **Aplicação de técnicas de Redes Neurais Artificiais na previsão de curtíssimo prazo da visibilidade e teto para o Aeroporto de Guarulhos – SP**, Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

AMIRI, M., DAVANDE, H., SADEGHIAN, A. *et al.*, 2007, “Auto-Associative Neural Network Based on New Hybrid Model of SFNN and GRNN”, In: **Anais do congresso IEEE International Conference on Neural Networks – Conference Proceedings**, pp. 2664–2670, Orlando, FL, United States, 12–17 August.

ASTRAIN, J.J., VILLADANGOS, J., GARITAGOITIA, J.R. *et al.*, 2006, “Fuzzy location and tracking on wireless networks”, In: **Anais do congresso MobiWAC 2006 – 2006 ACM International Workshop on Mobility Management and Wireless Access**, pp. 84–91, Terromolinos, Spain, 2 October.

AZUMA, R. 1997, “A Survey of Augmented Reality”, **Teleoperators and Virtual Environments**, v.6, n.4(August), pp. 355-385.

BAHL,P. e PADMANABHAN, V. N., 2000, “RADAR: An In-building RF-based User Location and Tracking System”, In: **Anais do congresso 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies – IEEE INFOCOM2000: 'Reaching the Promised Land of Communications'**, vol. 2, pp. 775–784, Tel Aviv, Israel, 26–30 March.

BEHESHTI, B.D., 2007, “Review of location management in cellular networks”, In: **Anais do congresso 2007 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference, LISAT**, pp. 141–146, Farmingdale, NY, United States, 4 May.

BEHZADAN, A.H., KAMAT, V.R., 2009, “Automated generation of operations level construction animations in outdoor augmented reality”, **Journal of Computing in Civil Engineering**, v.23, n.6 (Dec.), pp. 405–417.

BLANCO, J.-L., MORENO, F.-A., GONZALEZ, J., 2009, “A collection of outdoor robotic datasets with centimeter-accuracy ground truth”, **Autonomous Robots**, v.27, n.4(November), pp.327–351.

BLUM, T., HEINING, S.M., KUTTER, O. *et al.*, 2009, “Advanced Training Methods using an Augmented Reality Ultrasound Simulator”, In: **Anais do congresso Science and Technology Proceedings – IEEE 2009 International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2009**, pp. 177–178, Orlando, FL, United States, 19–22 October

BOUET, M., SANTOS, A.L., 2008, “RFID Tags: Positioning Principles and Localization Techniques”, In: **Anais do congresso 1st IFIP Wireless Days, WD 2008**, Dubai, United Arab Emirates, 24-27 November.

BRAGA, A.P., CARVALHO, A.C.P.L.F., LUDERMIR, T.B., 2003, “Redes Neurais Artificiais”. In: **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**. Barueri Manole. Cap. 6, p. 141–168, São Paulo.

CACERES, M., SOTTILE, F., SPIRITEO, M.A., 2009, "WLAN-Based Real Time Vehicle Locating System", In: **Anais do congresso VTC Spring 2009 - IEEE 69th Vehicular Technology Conference**, Barcelona, Spain, 26-29 April.

CARON, F., RAZAVI, S.N., SONG, J. et al., 2007, “Locating sensor nodes on construction projects”, **Special Issue on Construction Robotics**, v.2, n.3(April), pp 255–263

CHAE S., YOSHIDA T., 2010, “Application of RFID technology to prevention of collision accident with heavy equipment”, **Automation in Construction**, v.19, n. 3(May), pp.368–374

CHEN, Y.T., 2005, **Signal Strength - Based Positioning Algorithm Using Gaussian Mixture Model for IEEE 802.11 WLAN**, Dissertação de M.Sc., Department of computer science and information engineering / National Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan.

CLARO, P., CARVALHO, N.B., 2007, “Local Positioning System Based on Artificial Neural Networks”, In: Anais do congresso Artificial Neural Networks - ICANN 2007 - 17th International Conference, pp.699-708, Porto, Portugal, 9-13 Setember.

DU, C., TANG, D. ZHOU, J. *et al.*, 2008, “Prediction of nitrate release from polymer-coated fertilizers using an artificial neural network model”, **Biosystem Engineering**, v.99, n.4 (April), pp. 478-486

EMAGBETERE, J.O., EDEKO, F.O., 2008, “Investigation of the characteristics of radio signal propagation in indoor environment”, In: **Anais em congresso 2008 International Conference on Engineering Research and Development: Innovations, ICERD 2008**, pp. 166-171, Benin, Nigeria, 15-17 April.

FANG S.H., LIN, T.N., 2008, “Indoor Location System Based on Discriminant-Adaptive Neural Network in IEEE 802.11 Environments”, **IEEE Transactions on Neural Networks**, v.19, n.11, pp. 1973-1978

FERNANDES, G. A., CUNHA, G.G., 2009, “NAV Remote Augmented Reality Module”, In: **Anais do Congresso 30º Congresso Ibero-Latino-Americano de Métodos**

**Computacionais em Engenharia**, 08-11 Novembro, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil.

GEIER, J., 2005, **Wireless networks first-step**, 2a ed., Indianapolis, IN, USA, Cisco Press.

GOUVEIA, W. R., 2010, **Detecção de Faces Humanas em Imagens Coloridas Utilizando Redes Neurais Artificiais**. Dissertação de M.Sc., Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos /SP.

GWON, Y., JAIN, R., KAWAHAR T., 2004, “Robust Indoor Location Estimation of Stationary and Mobile Users”, In: **Anais do Congresso IEEE INFOCOM 2004 - Conference on Computer Communications – Twenty -Third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies**, pp. 1032-1043, Hongkong, China, 7-11 March.

HAMMAD, A., WANG, H., MUDUR, P.S., 2009, “Distributed Augmented Reality for Visualizing Collaborative Construction Tasks”, **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 23, n.6 (Dec), pp. 418–427.

HARB, M., ABIELMONA, R., NAJI, K. *et AL.*, 2008, “Neural networks for environmental recognition and navigation of a mobile robot”. In: **Anais do congresso 2008 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, I2MTC**, pp. 1123–1128, Victoria, BC, Canada, 12–15 May.

HAYKIN, S., 2002, **Redes Neurais Princípios e Prática**. 2ª ed., Editora Bookman, Porto Alegre.

KHAN, M.A., ANTIWAL, V.K., 2009, “Location estimation technique using extended 3–D LANDMARC algorithm for passive RFID tag”, In: **Anais do congresso 2009 IEEE International Advance Computing Conference, IACC 2009**, pp. 249–253, Patiala, India, 6–7 March.

KIRNER, C., TORI, R., 2006, “Fundamentos de Realidade Aumentada”. In: **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. v. 1. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Computação – SBC, PP. 22–38.

LAMARCA, A., CHAWATHE, Y., CONSOLVO, S. *et al.*, 2005, “Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild”, In: **Anais do congresso Third International Conference on Pervasive Computing**, pp.116–133, Munich, Germany, 8–13 May.

LIAO, W., SHIH, K., LEE, Y., 2008, “A localization protocol with adaptive power control in wireless sensor networks”, In: **Computer Communications**, v. 31, n. 10, pp. 2496–2504.

LIONEL, M.N., LIU, Y., LAU, Y.C. *et al.*, 2004, “LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID”. In: **Wireless Networks**, v.10, pp. 701–710, Netherlands. November.

LIU, H., DARABI, H., BANERJEE, P., *et al.*, 2007, “Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems”, **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews**, v.37, n.6 (November), pp. 1067–1080.

MALDANER, S. M., 2003, **Procedimento para identificação de custos da não qualidade na construção civil**, Dissertação de M.Sc., UFSC/Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, Brasil.

MANOHARAN, S., 2009, "On GPS Tracking of Mobile Devices", In: **Anais do congresso 5th International Conference on Networking and Services, ICNS 2009**, pp. 415-418, Valencia, Spain, 20-25 April.

MIYAKI, T., YAMASAKI, T., AIZAWA, K., 2007, “Multi-sensor fusion tracking using visual information and Wi-Fi location estimation”, In: **Anais do congresso 2007 1st**



**ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras, ICDSC**, pp. 275–285, Vienna, Austria, 25–28 September

MORALES, Y., TSUBOUCHI, T., 2007, “DGPS, RTK–GPS and StarFire DGPS Performance Under Tree Shading Environments”, In: **Anais do congresso 2007 IEEE International Conference on Integration Technology**, pp. 519–524, Shenzhen, China, 20–24 March.

MUELLER, A., 1996, **Uma Aplicação de Redes Neurais Artificiais na Previsão do Mercado Acionário**. Dissertação de M.Sc., UFSC, Florianópolis/SC.

PAUL, A.S., WAN, E.A., 2008, “Wi-Fi based indoor localization and tracking using sigma-point Kalman filtering methods”, In: **Anais Congresso Location and Navigation Symposium**, PLANS, pp. 646–659, Monterey, CA, United states, 5–8 May.

PERNA, A. M. “O sistema UTM”, In: Carto/ENG/UERJ. Disponível em <<http://www.carto.eng.uerj.br/cgi/index.cgi?x=utm.htm>>. Acessado em 13/01/10.

PINHEIRO, C.A.R., 2005, **Redes Neurais para Prevenção da Inadimplência em Operadoras de Telefonia**, Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PRETTO, F., MANSSOUR, I.H., LOPES, M.H.I. *et al.*, 2009, “Augmented reality environment for life support training”, In: **Anais do congresso 24th Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC 2009**, pp. 836–841, Honolulu, HI, United states, 8–12 March.

REYNOLDS, J., 2003, **Going Wi-Fi: A Practical Guide to Planning and Building an 802.11 Network**, 1<sup>a</sup> ed., New York, NY, USA, CMP Books.

RIBO, M., LANG, P., GANSTER, H. et al., 2002, “Hybrid Tracking for Outdoor Augmented Reality Applications”, **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 22, n.6 (November/December), pp.54–63.

SAGIRAJU, P.K., GALI, P., AKOPIAN, D. *et al.*, 2007, “Enhancing security in wireless networks using positioning techniques”, In: **Anais em congresso 2007 IEEE International Conference on System of Systems Engineering, SOSE**, San Antonio, TX, United states, 16-18 April.

SANTOS, M.C.S.R., 1990, **Manual de fundamentos Cartográficos e diretrizes gerais de mapas geológicos**, Geomorfológicos e Geotérmicos. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

SAPOUNTZIS, E.T., SAPOUNTZIS, J.T., VOUDOURIS, K., 2006, “WiFi radiocoverage measurements for eCampus application networks”, **WSEAS Transactions on Information Science and Applications**, v.3, n.4 (April), pp. 766-770.

SCHALL, G., MENDEZ, E., SCHMALSTIEG, D., 2008, “Virtual Redlining for Civil Engineering in Real Environments”, In: **Anais do congresso 7th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2008**, pp. 95–98, Cambridge, United kingdom, 15–18 September.

SCHALL, G., WAGNER, D., REITMAYR, G. *et al.*, 2009, “Global Pose Estimation using Multi-Sensor Fusion for Outdoor Augmented Reality”, In: **Anais do congresso Science and Technology Proceedings – IEEE 2009 International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2009**, pp. 153–162, Orlando, FL, United States, 19–22 October.

SILVA, R.L.S., 2006, **Um modelo de redes Bayesianas aplicado a sistemas de realidade aumentada**, Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SMITH, D.E., 1958, **History of Mathematics**, 1 ed., New York, Dover Publications.

STANTCHEV, V., SCHULZ, T., HOANG, T. D., *et al.*, 2008, "Optimizing clinical processes with position-sensing", **IT Professional**, v.10, n.2 (March-April), pp. 31-37.

STELLA, M., RUSSO, M., BEGUSIC, D., 2007, "Location Determination in Indoor Environment based on RSS Fingerprinting and Artificial Neural Network", In: **Anais do congresso 9th International Conference on Telecommunications, ConTEL 2007**, pp.301-305, Zagreb, Croatia, 13-15 June.

SUN, H., SLAUGHTER, D.C., RUIZ, M. P. *et al.*, 2010, "RTK GPS mapping of transplanted row crops", **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 71, n. 1 (April), pp. 32-37.

TAKENGA, C., KYAMAKYA, K., 2007, "A Low-cost Fingerprint Positioning System in Cellular Networks", In: **Anais do congresso Second International Conference on Communications and Networking in China, ChinaCom 2007**, pp. 915-920, Shanghai, China, 22-24 August.

TAN, K.T.W., LEWIS, E.M., AVIS N.J. *et al.*, 2008, "Using augmented reality to promote an understanding of materials science to school children", In: **Anais do congresso ACM SIGGRAPH ASIA 2008 Educators Programme, SIGGRAPH Asia'08**, Singapore, Singapore, 10-13 December.

TOPCON, 2004, **Hiper Lite and Hiper Lite+ Operator's Manual**, USA.

TRAN, Q., TANTRA, J.W., FOH, C.H., TAN, A. *et al.*, 2006, "Wireless Indoor Positioning System with Enhanced Nearest Neighbors in Signal Space Algorithm", In: **Anais do congresso 2006 IEEE 64th IEEE Vehicular Technology Conference**, pp. 2355-2359, Montreal, QC, Canada, 25-28 September.

WACHOWIAK, M.P., ELMAGHRABY, A.S, SMOLÍKOVÁ, R. *et al*, 2001, “Generalized regression neural networks for biomedical image interpolation”, In: **Anais do congresso International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN'01)**, pp. 2133–2138, Washington, DC, United States, 15–19 July.

WAGNER, M., 2005, **Tracking with Multiple Sensors**, Tese de D.Sc., Technischen Universität München/ Institut für Informatik, Munique, Alemanha.

WASSERMAN, P.D., SCHWARTZ, T., 1988, “Neural Networks – II: What are they and why is everybody so interested in them now?”, **IEEE Expert**, v.3, n.1, pp. 10–15.

WI-FI, A., Wi-Fi, Alliance. Disponível em: <<http://www.wi-fi.org>>. Acessado em 04/01/2010.

YOUSSEF, M., AGRAWALA, A., 2008, "The Horus WLAN Location Determination System", **Wireless Networks**, v. 14, n. 3(June), pp. 357–374.

## ANEXO

Descrição detalhada de todas as características dos utilizados nessa Dissertação.

### **Tablet HP modelo TX1120**

Processador: AMD TURION 64 X2 Duol Core 1.8 GHZ (1 MB cachê 512 X 2)

Memória RAM: 2048 MB de memória DDR2

Disco Rígido: 160 GB (5400 RPM)

DVD/ R–RW Integrados

Webcam integrada Microfone embutido

Biometria (*Finger Print*)

Tela 12.1” WXGA (*BrightView Widescreen* ) (1280 x 800 )(NVIDIA *GeForce* )

Fax/Modem 56 K V 90 Integrados

Rede 10/100 incorporada

Wireless Integrada 802.11 b/g

Windows Vista Home Premium

Saída. 3 USB, VGA, TV–Out, IEEE , ExpressCard

Peso. 2 Kg

### **GPS Holux modelo M–1200**

Para escolha do GPS comum, foram levados em consideração alguns fatores como: valor, peso, facilidade de operação, possibilidade de comunicação por *Bluetooth* entre outras.

Após uma pesquisa no mercado, na época da compra, foi optado pelo modelo M–1200 da Holux, pois, com o valor de aproximadamente US\$ 100,00, peso de 30 gramas, compatibilidade com *Bluetooth* entre outros, fatores que nos levaram a adquirir este modelo.

O HOLUX<sup>9</sup> receptor modelo M-1200 *Bluetooth* GPS fornece um dispositivo orientador fácil de usar. É possível ter a conexão com o GPS sem a utilização de cabo, sendo mais conveniente e flexível. Na figura 48 encontra-se a foto do modelo utilizado.



Figura 48 – Foto do Holux M-1200

Fonte:Site da Holux

#### Especificação:

- Faixas de até 32 satélites
- Receptor: L1, 1575.42 MHz
- C / A code: 1.023 MHz
- Taxa de atualização: 1 HZ.
- Sinal mínimo :-159dBm
- Dimensão: 67 × 23 × 16 mm.
- Peso: 30g.
- Lithium-ion bateria dura 15 horas de uso
- Operação de temperatura: -10 ° a + 60 °
- Temperatura de Armazenamento: -20 ° a + 60 °

#### Posição:

- Non DGPS (Differential GPS):
- Posição: 3.0 m CEP sem SA
- Velocidade: 0.1m. / Sec<sup>2</sup>
- Tempo: 0,1 microsegundos. sync GPS time
- DGPS (RTCM / EGNOS / WAAS / MSAS):

---

<sup>9</sup> <http://www.holux.com>

Tempo de aquisição:

- Reaquisição <0.1 sec. Média
- Hot start 1 sec.
- Warm inívio 33 sec
- Os dados acima segue especificação MediaTek Inc. MT3318 chipset.

Protocolo e interface:

- Compatível com dispositivos Bluetooth com Serial Port Profile (SPP)
- Bluetooth versão 1.2 compatível
- Bluetooth Class 2 operation (até 10 metros de alcance em espaço aberto)
- Frequência: 2,400 a 2,480 GHz
- Modulação: FHSS / GFSK
- Canais RF: 79
- Sensibilidade de entrada: -85dBm
- Nível de saída: 2 dB
- Protocolo de saída NMEA: V 3,01
- *Baud rate*: 38400 bps
- *Data bit*: 8
- Paridade: N
- *Stop bit*: 1
- Formato saída padrão: GPGGA (1time / 1 sec), GPGSA (1 hora / 5 seg.) GPGSV (1time / 5 seg.) GPRMC (1time / 1 seg.), GPVTG (1 hora / 1 seg). Optional: GLL, ou MTK NMEA Command.

### **GPS Topcon modelo Hiper Lite RTK**

O sistema GPS para levantamentos cinemáticos em Tempo Real (RTK) estáticos e cinemáticos pós-processados, possui comunicação Bluetooth composto por receptores GPS da TOPCON, modelo HIPER LITE RTK, possui 01 (um) PAR de Receptores GPS de dupla frequência (L1+L2) integrados (receptor, antena, rádio, bateria e carregador) Topcon HiPer Lite, com as seguintes características:

- 40 canais universais, com capacidade opcional para rastrear satélites GLONASS e WAAS,
- Taxa de atualização de 10 Hz;
- 128 Mb de memória interna (mais de 600 horas de rastreamento CA+L1+L2 com intervalo de 15");
- *Co-Op Tracking System* (melhor recepção dos sinais em condições desfavoráveis);
- Bateria interna com autonomia de 10 horas. Tecnologia Bluetooth integrada (comunicação sem cabo com o coletor);
- Precisão pós-processada horizontal de 3mm + 1 ppm e vertical de 5mm + 1.4ppm para levantamentos estáticos e rápido-estáticos e horizontal de 10mm + 1.5ppm e vertical de 20mm + 1.5ppm para levantamentos cinemáticos e RTK com alcance de até 3,8 Km entre a estação base e o receptor *rover*;
- Possibilidade de atualização para até 20 Hz;.
- Possui 2 portas seriais de saída para dados, com cabos para comunicação RS232 e USB e 1 porta para alimentação.

Na figura 49 pode-se observar o usuário utilizando o receptor *Rouver* e mais atrás a estação Base.



Figura 49 – Estação Base e receptor Rover sendo utilizados na obra do LabCog.



## **Pontos de Acesso Zinwell**

As características do ponto de acesso Zinwell10 modelo G-220 são:

### Características

- 802.11b (250 mW);
- 802.11g (100 mW);
- 32 MB de Memória RAM;
- Sistema CSMA/CA com ACK;
- Wizard (Configuração passo-a-passo);
- Trabalha como Router, Bridge, Client, AP, AP WDS e WDS;
- Sincronismo de horário via Servidor NTP;
- Ferramenta para Site Survey;
- System Log.

### *Hardware*

- *Chipset* Realtek RTL 8186
- 1 Porta WAN;
- 1 Porta LAN;
- 1 Interface Wireless.

### Segurança

- Encriptação WEP, WPA (TKIP) e WPA2 (AES);
- 802.1x;
- Suporta Servidor RADIUS;
- Senha pré-configurada;
- Controle por MAC Address de até 50 Endereços;

---

<sup>10</sup> <http://www.zinwell.com.br>

## TCP/IP

- Configuração de LAN e WAN;
- NAT;
- 802.1d Spanning tree;
- Clone MAC Address;
- DHCP Server;
- WAN (IP via DHCP, Estático, PPPoE e PPTP);
- Roteamento RIP.

## *Firewall*

- Filtro de Porta, IP e MAC;
- DMZ (Redirecionamento para Servidor);
- VPN (IPSEC com NAT Transversal).

## Gerenciamento

- Status;
- Estatísticas;
- QoS;
- Controle de Banda por Interface;
- DDNS (DNS Dinâmico);
- Logs.
- SNMP.

Nas figuras 50 e 51 observa-se fotos do Ponto de Acesso da Zinwell sendo utilizado em testes de campo.



Figura 50 – Foto frontal do Ponto de Acesso Zinwell sendo utilizado em testes.



Figura 51 – Foto da parte de trás do Ponto de Acesso Zinwell sendo utilizado em testes.

### Pontos de Acesso Linksys

As características do ponto de acesso Linksys11 modelo WRVS4400n são:

#### Características

- Portas: 4 RJ45 10/100/1000Mbps;
- IEEE802.11n;
- IEEE802.11b/g,
- IEEE802.3u
- VPN (5 IPSec Gateway-to-Gateway, MD5/SHA1, IPSec NAT-T)
- Protocolos : NAT, DHCP, DNS, NAPT, SIP, ALG
- Velocidade Máxima : 270 Mbps
- Medidas embalagem (L/A/P): 310 / 100 / 240 mm
- Peso Bruto: 1.23kg

---

<sup>11</sup> [www.linksys.com/](http://www.linksys.com/)

#### Gerenciamento

- Web,
- SNMP v1 e 2c,
- Local,
- Syslog

#### Segurança

- Access Control,
- SPI,
- HTTP,
- FTP,
- Telnet,
- RCP,
- HTTPS

### **Adaptador de rede sem fio Trendnet**

As características do adaptador de rede sem fio Trendnet12 modelo TEW-424UB são:

#### *Interface*

- USB 2.0, 1.1, 1.0;

#### Padrões

- IEEE 802.11b e IEEE 802.11g

#### Antena

- "Printed" Integrada 2 dBi

---

<sup>12</sup> <http://www.trendware.com.br/>

#### Consumo de Energia :

- Modo de Recepção: 280mA
- Modo de Transmissão: 380 mA

#### Sistemas Operacionais Suportados

- Windows 98(SE), ME, 2000, XP(SP1/SP2)

#### Alcance

- 35 a 100 metros em ambientes internos, 100 a 300 metros em ambientes externos (dependendo do ambiente)

#### Dimensões

- 80 x 30 x 12 mm

#### Peso

- 15 g

#### Temperatura Operação

- 0° a 40° C

#### Certificado

- FCC, CE, ETS

#### *Wireless*

#### Técnica de Modulação

- 802.11b: CCK (11 e 5.5 Mbps), DQPSK (2 Mbps), DBPSK (1 Mbps)
- 802.11g: OFDM

#### Frequência

- 2.412 a 2.484 GHz (Industrial Scientific Medical Band)

#### Protocolo de Acesso

- CSMA/CA com ACK

#### Taxa de Dados

- 802.11b: 11Mbps, 5.5 Mbps, 2 Mbps e 1Mbps
- 802.11g: 54 Mbps, 48 Mbps, 36 Mbps, 24 Mbps, 18 Mbps, 12 Mbps, 9 Mbps e 6 Mbps
- \*\*6 Mbps para 802.11g usando conexão USB 1.1 ou 1.0

#### Potência de Saída

- 15 dBm (típica) @ 802.11b
- 12 dBm (típica) @ 802.11g

#### Sensibilidade Receptor

- 54 Mbps 10% PER @ -72 dBm (típica)
- 11 Mbps 8% PER @ -83 dBm (típica)

#### Segurança

- 64/128-bit WEP (Hex/ASCII), WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK

#### Canais

- 1 a 13 Canais (*Universal Domain Support*)

Na figura 52 encontra-se a foto do adaptador Trendnet modelo TEW-424UB utilizado no teste comparativo.



Figura 52 – adaptador Trendnet modelo TEW-424UB

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)