

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALBERTO ELVINO FRANKE

**DESEMPENHO DE RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NO  
POSICIONAMENTO ABSOLUTO**

CURITIBA

2011

ALBERTO ELVINO FRANKE

DESEMPENHO DE RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NO  
POSICIONAMENTO ABSOLUTO

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geotecnologias, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Geotecnologias.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Claudia Pereira Krueger

CURITIBA

2011

## TERMO DE APROVAÇÃO

ALBERTO ELVINO FRANKE

### DESEMPENHO DE RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NO POSICIONAMENTO ABSOLUTO

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista no Curso de Especialização em Geotecnologias, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Claudia Pereira Krueger  
Departamento de Geomática, UFPR

Prof. Dr. Wilson Alcântara Soares  
Departamento de Física, UFPR

*Dedico este trabalho com  
amor e carinho aos meus  
filhos Anna Cristina e Hans  
e à minha esposa Sandra*

Agradeço aos professores e servidores, especialmente à Mariney, do Departamento de Geomática da UFPR pela disponibilidade e apoio recebido durante a realização deste curso.

Dedico um agradecimento especial às inestimáveis ajudas e sugestões da Prof<sup>a</sup> Claudia e todos os bolsistas e monitores do Laboratório de Geodésia Espacial da UFPR.

## RESUMO

Verifica-se no mercado atual uma série de localizadores geográficos que têm sido utilizados nas mais diversas aplicações. O interesse de grande parte dos usuários consiste na obtenção das coordenadas de pontos na superfície terrestre, sem o registro das observáveis (pseudodistâncias e/ou fase das ondas portadoras). Estes usuários aplicam o método de Posicionamento Absoluto, o qual é o método mais simples e é denominado por alguns autores de Posicionamento por Ponto. Diversos questionamentos ainda surgem por parte destes usuários GNSS quanto a real acurácia que se pode obter com este método de posicionamento e em que aplicação se deve utilizá-lo. A literatura vigente fornece diferentes respostas para a questão da acurácia e precisão. Salienta-se que a precisão neste posicionamento é delimitada conforme o Serviço de Posicionamento Padrão (SPS) e o Serviço de Posicionamento Preciso (PPS). No primeiro (acesso somente ao código C/A em  $L_1$ ) a precisão posicional é de 15 a 25 metros com receptores de navegação e melhor que 10 metros com receptores geodésicos no nível de probabilidade de 95% (DIVIS, 2000). Contudo segundo *Air Force Space Command* (AFCS, 2009) a melhor precisão tridimensional, com 95% de probabilidade, pode ser de 6,5m. Mediante estas informações e outras apresentadas neste trabalho optou-se por desenvolver uma pesquisa com a finalidade de analisar a acurácia e precisão das coordenadas geodésicas obtidas com o emprego do método de Posicionamento Absoluto através da utilização de receptores GPS de navegação. O trabalho de pesquisa foi conduzido no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná. Empregou-se os receptores: Juno SB, Garmin 45 XL, Garmin Etrex Vista e Garmin 60 CSx. Dentre os objetivos específicos cita-se comparar a acurácia e a precisão na determinação das coordenadas geodésicas obtidas por diferentes receptores GPS de navegação; avaliar a variabilidade da acurácia e precisão na determinação das coordenadas geodésicas obtidas por diferentes receptores GPS de navegação ao longo do dia; avaliar as coordenadas geodésicas do método Absoluto em locais obstruídos e livre de obstruções; e analisar a viabilidade, mediante os resultados alcançados, do emprego deste método de posicionamento em diferentes aplicações na engenharia. Os resultados alcançados indicam que: o desempenho do receptor GPS de navegação Garmin 45 XL foi significativamente inferior aos receptores JUNO SB, Garmin Etrex Vista e Garmin 60 CSx; os erros planimétrico e tridimensional cometidos pelos receptores GPS de navegação, utilizados neste experimento, foram menores que as especificações técnicas dos fabricantes, com exceção do receptor Garmin 45 XL. Não houve diferenças significativas na acurácia e precisão das coordenadas geodésicas, ao longo do dia, obtidas pelos diferentes receptores GPS de navegação utilizados. As obstruções presentes neste estudo não afetaram significativamente a determinação das coordenadas geodésicas pelo método de Posicionamento Absoluto. Constatou-se que os receptores GPS de navegação não devem ser empregados nos levantamentos geodésicos ou mesmo para levantamentos em que a norma a ser seguida exija precisão sub-métrica, como é o caso do georreferenciamento de imóveis rurais.

Palavras-chave: Receptores GPS de navegação. Acurácia. Precisão. GPS.

## ABSTRACT

In the current market a series of geographic locators that have been used in several applications can be seen. The interest of most users is to obtain the position of points on the earth's surface, without a record of observables (pseudorange and L1 carrier phase). These users apply the Absolute Positioning method which is the simplest method and is called by some authors Point Positioning. Several questions still arise on the part of GNSS users as to the actual accuracy that can be obtained with this method of positioning and the right application to use with it. The current literature provides different answers to the question of accuracy and precision. It should be noted that the accuracy in positioning it is defined according to the Standard Positioning Service (SPS) and Precise Positioning Service (PPS). In the first (only access to the C/A code on  $L_1$ ) the positional accuracy is 15 to 25 meters with navigation receivers, and better than 10 meters with geodetic receivers at the level of a 95% probability (DIVIS, 2000). However according to the Air Force Space Command (AFCS, 2009), the best three-dimensional accuracy with a 95% probability may be 6.5 m. Through these and other information presented in this work, the option of developing a research for the purpose of determining the accuracy and precision of the geodetic coordinates obtained by employing the method of Absolute Positioning through the use of GPS navigation was chosen. The research was conducted at the Polytechnic Campus of the Universidade Federal do Paraná. The receivers used were: Juno SB, Garmin 45 XL, Garmin Etrex Vista and Garmin 60 CSx. Among the specific objectives are the following: compare the accuracy and precision in determining the geodesy coordinates for different GPS navigation; assess the variability of accuracy and precision in determining the geodetic coordinates for different GPS navigation throughout the day; evaluate the geodetic coordinates of the Absolute method on blocked sites and others free of obstructions; and examine the feasibility of using this positioning method in different engineering applications by means of the results achieved. The results achieved indicate that: the performance of GPS navigation Garmin 45 XL was significantly lower than the JUNO SB receivers, Garmin Etrex Vista and Garmin 60 CSx; planimetric and three-dimensional errors committed by the GPS navigation receivers used in this experiment were lower than the technical specifications of the manufacturers, except for the Garmin 45 XL receiver. There were no significant differences in accuracy and precision of the geodetic coordinates, throughout the day, among the different GPS receivers used for navigation. The obstructions in this study did not significantly affect the determination of geodetic coordinates by the method of Absolute Positioning. It was found that the GPS navigation should not be used in geodetic surveys or even surveys where the standard to be followed requires submetric precision, as is the case of the georeferencing of rural surveying.

Keywords: Navigation GPS receivers. Accuracy. Precision. GPS.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1	- FONTES E EFEITOS DOS ERROS ENVOLVIDOS NO GPS .....	17
QUADRO 2	- CONTRIBUIÇÕES DOS ERROS GPS NA PSEUDODISTÂNCIA .....	18
FIGURA 1	- MÉTODOS DE POSICIONAMENTO .....	24
FIGURA 2	- ACURÁCIA E PRECISÃO .....	27
FIGURA 3	- LOCALIZAÇÃO DOS MARCOS NO CENTRO POLITÉCNICO .....	33
FIGURA 4	- MARCOS NO CENTRO POLITÉCNICO UTILIZADOS NOS LEVANTAMENTOS .....	34
FIGURA 5	- DIAGRAMA DE OBSTRUÇÕES .....	36
QUADRO 3	- EXEMPLO DE CADERNETA DE CAMPO PARA REGISTRO DAS OBSERVAÇÕES .....	39
FIGURA 6	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS UTM DO MARCO RM3, NO PERÍODO MATUTINO DIA 13/04/2011 .....	43
FIGURA 7	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RM3, NO PERÍODO DO MEIO-DIA DO DIA 13/04/2011 .....	43
FIGURA 8	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RM3, NO PERÍODO VESPERTINO DO DIA 13/04/2011 .....	44
FIGURA 9	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 10, NO PERÍODO MATUTINO DO DIA 13/04/2011 .....	44
FIGURA 10	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 10, NO PERÍODO DO MEIO-DIA DO DIA 13/04/2011 .....	45
FIGURA 11	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 10, NO PERÍODO VESPERTINO DO DIA 13/04/2011 .....	45
FIGURA 12	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 14, NO PERÍODO MATUTINO DO DIA 13/04/2011 .....	46
FIGURA 13	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 14, NO PERÍODO DO MEIO-DIA DO DIA 13/04/2011 .....	47
FIGURA 14	- ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 14, NO PERÍODO VESPERTINO DO DIA 13/04/2011 .....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- COORDENADAS PRECISAS DOS MARCOS RASTREADOS (WGS 84) .....	37
TABELA 2	- GEOMETRIA E DISPONIBILIDADE DE SATÉLITES DURANTE OS RASTREIO NUM POSICIONAMENTO ABSOLUTO REALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, NO DIA 13 DE ABRIL DE 2011 .....	48
TABELA 3	- ERRO PLANIMÉTRICO (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RM3, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	49
TABELA 4	- ERRO PLANIMÉTRICO (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 10, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	50
TABELA 5	- ERRO PLANIMÉTRICO (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 14, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	51
TABELA 6	- ERRO TRIDIMENSIONAL (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RM3, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	51
TABELA 7	- ERRO TRIDIMENSIONAL (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 10, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	52
TABELA 8	- ERRO TRIDIMENSIONAL (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 14, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	52
TABELA 9	- DESVIO PADRÃO NA DETERMINAÇÃO DA ALTITUDE ELIPSOIDAL (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO (JUNO, GARMIN 45, GARMIN ETREX E GARMIN 60) EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO (8 h, 12 h E 16 h) DO DIA 13/04/2011 NOS MARCOS RM3, RN 10 E RN 14, LOCALIZADOS NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UFPR .....	53
TABELA 10	- TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA PLANIMÉTRICA DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RM3, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	53
TABELA 11	- TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA PLANIMÉTRICA DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 10, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	55



TABELA 12	- TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA PLANIMÉTRICA DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 14, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	55
TABELA 13	- TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RM3, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	56
TABELA 14	- TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 10, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	57
TABELA 15	- TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 14, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ .....	57
TABELA 16	- ANÁLISE DA VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O ERRO PLANIMÉTRICO DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO .....	58
TABELA 17	- RESULTADOS PARA O TESTE TUKEY DE COMPARAÇÃO ENTRE MÉDIAS QUANTO AO ERRO PLANIMÉTRICO DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO .....	59
TABELA 18	- ANÁLISE DA VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O ERRO TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO .....	59
TABELA 19	- ANÁLISE DA VARIÂNCIA (ANOVA) PARA INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES RESPONSÁVEIS PELO ERRO TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO .....	59
TABELA 20	- RESULTADOS PARA O TESTE TUKEY DE COMPARAÇÃO ENTRE MÉDIAS QUANTO AO ERRO TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO .....	60

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	14
2.1 OBSERVÁVEIS GPS .....	14
2.1.1 Pseudodistância .....	15
2.1.2 Fase da onda portadora .....	16
2.2 ERROS QUE AFETAM O POSICIONAMENTO .....	16
2.2.1 Erros de Satélite .....	18
2.2.1.1 Erros Orbitais .....	18
2.2.2 Erros relacionados com a propagação do sinal .....	19
2.2.2.1 Refração troposférica .....	19
2.2.2.2 Refração ionosférica .....	20
2.2.2.3 Multicaminhamento ou sinais refletidos (multipath) .....	20
2.2.2.4 Perdas de ciclos .....	22
2.3 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO .....	23
2.3.1 Método de posicionamento absoluto ou Por Ponto .....	23
2.3.2 Método de posicionamento relativo .....	25
2.4 RECEPTORES DE NAVEGAÇÃO .....	26
2.5 ACURÁCIA E PRECISÃO DO POSICIONAMENTO ABSOLUTO COM RECEPTORES DE NAVEGAÇÃO .....	27
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	32
3.1 OBJETIVO GERAL .....	32
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	32
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	33
4.1 ÁREA DE ESTUDO .....	33
4.2 REALIZAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS .....	34
4.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS .....	34
4.3.1 Receptor GPS Garmin Etrex Ventura .....	34
4.3.2 Receptor GPS Garmin 45 XL .....	35
4.3.3 Receptor GPS Trimble – Juno SB .....	35
4.3.4 Receptor GPS Garmin Map 60 CSx .....	36
4.4 LEVANTAMENTOS DAS OBSTRUÇÕES .....	36
4.5 COORDENADAS PRECISAS DOS MARCOS .....	37
4.6 COORDENADAS ABSOLUTAS .....	37
4.7 DETERMINAÇÃO DOS ERROS .....	39
4.7.1 Erro planimétrico .....	39
4.7.2 Erro tridimensional .....	39
4.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	39
4.8.1 Média aritmética amostral .....	40
4.8.2 Variância Amostral .....	40
4.8.3 Desvio Padrão Amostral .....	40
4.8.4 Acurácia .....	41
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	42
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	61
<b>7 RECOMENDAÇÕES</b> .....	62
<b>8 REFERÊNCIAS</b> .....	63
<b>APÊNDICES</b> .....	68

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente há no mercado uma série de localizadores geográficos que têm sido utilizados nas mais diversas aplicações. Devido à alta acurácia do NAVSTAR-GPS (*NAVigation Satellite with Time And Ranging – Global Positioning System*) ou simplesmente GPS, e dado ao avanço da tecnologia envolvida nos circuitos integrados dos receptores, os quais dia a dia têm seu tamanho reduzido, e a modernização dos sistemas e circuitos eletrônicos, fez com que os receptores GPS de mão (navegação) se tornassem cada vez mais populares e uma grande comunidade usuária emergiu dos mais variados segmentos da sociedade civil (navegação, georreferenciamento, posicionamento topográfico e geodésico, agricultura de precisão, etc.). Porém, esses receptores calculam e armazenam as posições de pontos na superfície terrestre, mas não registram as observáveis (pseudodistâncias e/ou fase da portadora L1), o que inviabiliza um processamento dos dados por eles coletados.

Encontra-se com frequência a utilização de receptores GPS para fins cadastrais cujas coordenadas geodésicas fornecidas por eles são empregados para georreferenciar e apoiar alguns levantamentos como os topográficos ou fotogramétricos.

No entanto, é exigido que os receptores possuam uma precisão compatível com a exigida pela norma (INCRA, 2010), legislação ou especificação técnica que esta sendo seguida. Os receptores GPS que registram as ondas portadoras L1 e L2 ou apenas a L1 são os mais adequados para esse fim; não podendo serem considerados os receptores de navegação, que apresentam baixa precisão e utilizam simplesmente o código C/A.

Apesar da alta precisão que o GPS pode propiciar aos usuários, há várias fontes de erros sistemáticos que podem estar envolvidos no sistema e, conseqüentemente na solução obtida. Associados ao erro cometido em várias observações de um mesmo ponto, realizadas em horários diferentes, estão incluídos não só o erro devido ao ruído do receptor, que é a própria precisão do aparelho, como também os erros devidos aos efeitos temporais. Esses efeitos, relacionados

principalmente à geometria dos satélites, à Ionosfera e a Troposfera, fazem com que as coordenadas de um ponto, obtidas pelo sistema GPS, sofram uma variação sistemática ao longo do dia e das estações do ano (SANTOS; RODRIGUES; SOUZA, 2005).

Apesar do sistema GPS não conseguir evitar esses erros, há técnicas disponíveis que conseguem reduzir seus efeitos. Porém, receptores de navegação, os mais usados na prática, realizam o posicionamento absoluto com o código C/A, estando sujeitos aos erros sistemáticos provocados pela refração ionosférica e troposférica. Além disso, dependendo do momento da observação, podem estar sujeitos também à imprecisão provocada pela inadequada geometria dos satélites (MONICO, 2000). Os erros sistemáticos reduzem a acurácia do posicionamento e, como conseqüência, o número de aplicações. Dessa forma, os receptores de navegação são atualmente aplicados em levantamentos expeditos e para navegação.

Dentre os diversos tipos de posicionamento existentes o método absoluto pode ser considerado o mais simples de todos, pelo motivo de utilizar-se apenas um único receptor para a obtenção das coordenadas geodésicas de um ponto na superfície terrestre a partir da medida da pseudodistância. Além desta vantagem este método pode ser considerado como um método rápido e prático para execução e coleta de dados (coordenadas e trajetórias descritas), pois, o mesmo não requer um pós-processamento. O posicionamento absoluto, no rigor de suas limitações, pode ser empregado para algumas atividades no mapeamento, de acordo com suas respectivas precisões e acurácia. Destaca-se a importância de conhecer as limitações desta técnica de posicionamento para propósitos em engenharia e cartografia.

Na literatura atual constata-se que o método de Posicionamento Absoluto é o método mais simples aplicado por diversos usuários do GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), sendo também denominado por alguns autores de Posicionamento por Ponto.

Segundo Krueger (2006) o método de posicionamento absoluto caracteriza-se pela adoção de apenas um receptor GPS para a determinação das coordenadas geodésicas de um ponto sobre a superfície terrestre, utilizando efemérides transmitidas, referidas ao sistema de referência vinculado ao GPS, ou seja,

atualmente o WGS-84 (G1150) (*World Geodetic System*, 1984 – refinado para a semana 1150).

Diversos questionamentos ainda surgem por parte destes usuários GNSS quanto a real acurácia que se pode obter com este método de posicionamento e em que aplicações ele é possível de ser empregado. Consultando-se a literatura vigente encontram-se diferentes respostas para a questão da acurácia e precisão.

As diferenças apontadas, por diversos autores, quanto à acurácia e precisão a ser alcançada com o emprego deste método de posicionamento é que motivou o desenvolvimento deste trabalho. Após a verificação da precisão e acurácia alcançadas com este método pode-se enumerar algumas aplicações na área das engenharias e da agricultura

Visando contribuir na questão da precisão e acurácia alcançada pelos receptores GPS de navegação realizou-se este experimento com a variação de alguns elementos como: diferentes obstruções (tais como árvores, edificações, postes) existentes no entorno dos marcos; equipamentos rastreadores dos sinais dos satélites GPS com diferentes características tecnológicas (número de canais, nº de casas decimais, etc) e diferentes horários de ocupação.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Os levantamentos geodésicos e topográficos têm o objetivo de descrever a realidade; através da reconstrução de um modelo que pode ser representado por uma planta, uma carta, um mapa ou um modelo tridimensional no computador e este guarda um grau de correspondência com a realidade. Conforme a Teoria dos Erros, estes se propagam quando se realizam levantamentos geodésicos e topográficos, afetando a determinação de coordenadas de divisa e em consequência a sua correspondência com a realidade. Portanto, é necessário definir e implementar uma estratégia de controle de erros, realizar observações redundantes e empregar um método de ajustamento adequado, para que seja possível obter valores confiáveis dentro dos padrões exigidos em cada tipo de levantamento (BUENO, 2004).

Entende-se por posicionamento de um objeto o ato ou efeito de situá-lo, localizá-lo sobre a superfície terrestre, ou melhor, determinar as suas coordenadas (latitude, longitude e altitude elipsoidal) sobre esta superfície segundo um sistema de referência (origem). E a navegação é definida como sendo a ação ou o efeito de navegar, viajar de um ponto a outro da superfície da terra, seguir uma rota determinada (KRUEGER, 2004).

O sistema NAVSTAR-GPS é um sistema de navegação através de sinais de rádio, baseado numa constelação básica de 24 satélites artificiais, orbitando a cerca de 20.200 km da Terra, administrado pela Força Aérea Americana. É um dos sistemas mais precisos na determinação da posição tridimensional (latitude, longitude e altitude elipsoidal), na navegação e em informações sobre o tempo (SEEBER, 1993).

### 2.1 OBSERVÁVEIS GPS

As observáveis básicas do GPS que permitem determinar posição, velocidade e tempo podem ser identificadas como pseudodistância a partir do código e da fase da onda portadora ou diferença de fase da onda portadora (SEEBER, 1993; LEICK, 1995).

### 2.1.1 Pseudodistância

Cada satélite transmite dois sinais para os propósitos de posicionamento: o sinal L1, baseado na onda portadora com frequência de 1575,42 MHz e o sinal L2, com frequência de 1227,60 MHz. Modulados na onda portadora L1 estão os dois códigos C/A e P(Y). A denominação P(Y) se refere ao código P criptografado, técnica de segurança denominada de AS (Anti-spoofing). Sobrepostas sobre a onda portadora L1 constam também as mensagens de navegação. A onda portadora L2 é modulada pelo código P(Y) e pela mensagem de navegação (MÔNICO, 2000).

As medidas de distância entre a antena do satélite e a antena do receptor baseiam-se nos códigos gerados nos satélites e no receptor. Esse último gera uma réplica do código produzido no satélite. O retardo entre a chegada de uma transição particular do código, gerado no satélite, e a sua réplica, gerada no receptor, nada mais é que o tempo de propagação do sinal no trajeto ligando o satélite ao receptor. Este último realiza essa medida usando a técnica de correlação do código (MÔNICO, 2000).

A distância é obtida pela multiplicação do tempo de propagação do sinal, resultante do processo de correlação, pela velocidade da luz no meio de propagação. Esta é denominada pseudodistância (PD), em vez de distância, em razão principalmente do não-sincronismo entre os relógios (osciladores) responsáveis pela geração do código no satélite e sua réplica no receptor (MÔNICO, 2000).

$$PD = \rho + c \cdot (dt_r - dt^s) + d_{ORB} + d_{trop} + d_{ion} + m_c + \varepsilon_c \dots \dots \dots (1)$$

onde:

- PD = pseudodistância mensurada com o código;
- $\rho$  = distância geométrica entre a antena do satélite e a antena do receptor;
- c = velocidade da luz;
- $dt_r$  = erro de não sincronismo do relógio do receptor com o tempo GPS;
- $dt^s$  = erro de não sincronismo do relógio do satélite com o tempo GPS;
- $d_{orb}$  = erro orbital;
- $d_{trop}$  = refração troposférica;
- $d_{ion}$  = refração ionosférica;
- $m_c$  = erro provocado pelo efeito do multicaminho do código;
- $\varepsilon_c$  = resíduos de efeitos aleatórios e parâmetros não modelados.

A EQUAÇÃO 1 deve ser acrescida pelo termo da ambiguidade quando se emprega a fase da onda portadora, que não foi o caso neste estudo.

Os satélites GPS dispõem de padrões atômicos de alta precisão (osciladores), operando no denominado sistema de tempo do satélite, no qual todos os sinais gerados e transmitidos são referenciados. Os receptores, normalmente, dispõem de osciladores de menor qualidade, que operam no chamado sistema de tempo do receptor. A pseudodistância é igual à diferença entre o tempo registrado no receptor no instante de recepção do sinal, e o tempo registrado no satélite, no instante de transmissão do sinal, multiplicado pela velocidade da luz no vácuo. Portanto, a Pseudodistância pode ser obtida via correlação com o código P sobre as portadoras L1 e L2 e/ou com o código C/A, sobre a portadora L1 (TEUNISSEN, 1996).

### 2.1.2 Fase da onda portadora

Uma observável muito mais precisa que a pseudodistância é a fase da onda portadora, observável básica para a maioria das atividades geodésicas. Essa observável é, na realidade, a fase de batimento da onda portadora. Ela é igual à diferença entre a fase do sinal do satélite, recebido no receptor e a fase do sinal gerado no receptor, ambas no instante de recepção (MÔNICO, 2000).

Os receptores medem a parte fracional da onda portadora e efetuam a contagem do número de ciclos que entram no receptor a partir de então, resultando numa medida contínua. A ambigüidade é representada pelo número de ciclos (inteiros), da primeira época de observação, entre as antenas do satélite e receptor e é estimado no ajustamento, conjuntamente com os demais parâmetros. A medida da parte fracional da fase da onda portadora tem precisão da ordem de até 1/1000 do ciclo (MÔNICO, 2000).

## 2.2 ERROS QUE AFETAM O POSICIONAMENTO

São três os fatores que interferem no valor final da acurácia: a) precisão dos instrumentos utilizados; b) precisão dos métodos e, c) projeto adequado. A precisão dos instrumentos não é absolutamente necessária, mas permite um



ganho de tempo, e, portanto, proporciona economia. Os métodos de precisão sempre devem ser utilizados, pois possibilitam a eliminação ou minimização da influência de uma grande quantidade de erros. O projeto é o fator fundamental para a economia e um elemento muito importante para a garantia da precisão. Inclui a definição e a correta preparação dos trabalhos de controle, definindo também os instrumentos e métodos mais convenientes para cada operação (CORDINI; PHILLIPS, 2011).

Os três fatores mencionados (instrumentos, métodos e projeto) são valorados conjuntamente pela economia que proporcionam para conseguir os resultados necessários com a acurácia (exatidão) desejada. Não se pode efetuar nenhuma distinção entre os três fatores sem o conhecimento de como avaliar os erros que devem ser esperados em todo o processo. Cordini e Phillips (2005) concluem que não é possível efetuar qualquer trabalho corretamente sem o conhecimento da natureza dos erros de observação envolvidos.

As observáveis GPS, tal como todas as outras observáveis envolvidas nos processos de medidas, estão sujeitas aos erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros. Para se obter resultados confiáveis, o modelo matemático (funcional e estocástico) estabelecido deve ser válido para a realidade física que se tenta descrever, e capaz de detectar os problemas existentes. Erros sistemáticos podem ser parametrizados (modelados como termos adicionais) ou eliminados por técnicas apropriadas de observação.

FONTES	ERROS
Satélite	Erro da órbita Erro do relógio Relatividade Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite
Propagação do sinal	Refração troposférica Refração ionosférica Perdas de ciclos Multicaminhamento ou Sinais refletidos Rotação da Terra
Receptor/Antena	Erro do relógio Erro entre os canais Centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas Multicaminhamento Marés terrestres Movimento do Pólo Carga dos oceanos Pressão da atmosfera

QUADRO 1 - FONTES E EFEITOS DOS ERROS ENVOLVIDOS NO GPS  
FONTE: MÔNICO (2000).

Erros aleatórios, por sua vez, não apresentam nenhuma relação funcional com as medidas e são, normalmente, as discrepâncias remanescentes nas observações, depois que todos os erros grosseiros e sistemáticos forem eliminados ou minimizados (MONICO, 2000). Os diversos erros e suas respectivas fontes são citados na QUADRO 1.

A contribuição de uma fonte de erro particular pode ser analisada em termos de seus efeitos na determinação da distância entre o satélite e receptor, ou seja, na pseudodistância. O efeito combinado dos erros, quando projetado sobre a linha que liga o usuário e o satélite, é denominado UERE (*User Equivalent Range Error*). Ele representa o erro equivalente de distância. A maioria dos receptores mostram em seu display o UERE para cada satélite. O Quadro 2, mostra valores médios de cada fonte de erro, exceto para os erros relacionados com a estação.

FONTES DE ERROS	ERROS TÍPICOS (m)	
	SPS COM SATÉLITES II/IIA	PPS COM SATÉLITES II/IIA
Propagação do sinal na Ionosfera	7,0	0,01
Propagação do sinal na Troposfera	0,7	0,7
Relógio e efemérides	3,6	3,6
Receptor	1,5	0,6
Multicaminho	1,2	1,8
Total UERE	25,3	4,1

QUADRO 2 - CONTRIBUIÇÕES DOS ERROS GPS NA PSEUDODISTÂNCIA  
 FONTE: LEICK apud MÔNICO (2000)

## 2.2.1 Erros de Satélite

Os erros devidos aos satélites GPS são os relacionados com às órbitas, aos relógios dos satélites, à relatividade e ao atraso do grupo.

### 2.2.1.1 Erros Orbitais

Informações orbitais podem ser obtidas a partir das efemérides transmitidas pelos satélites ou das pós-processadas, denominadas efemérides precisas. As coordenadas dos satélites calculadas a partir das efemérides são, normalmente, adotadas como fixas durante o processo de ajustamento dos dados GPS. Assim

sendo, qualquer erro nas coordenadas do satélite se propagará para a posição do usuário. No posicionamento por ponto, os erros serão propagados diretamente para a posição do usuário. Já no posicionamento relativo, os erros orbitais são praticamente eliminados. Mas erros remanescentes degradam a acurácia da linha de base, na medida em que essa se torna mais longa (MONICO, 2000).

Quando se almeja a obtenção de alta acuracidade, as efemérides precisas (IGS, IGR e IGU) podem ser acessadas na internet e a acurácia dos produtos é função da acurácia da órbita e do relógio obtidas. As efemérides precisas do tipo final possuem acurácia inferior a 5 cm para a órbita e de 0,1 ns (nano segundos) para o relógio, e elas estão disponíveis após cerca de 13 dias para os usuários (SEEBER, 2003).

## 2.2.2 Erros relacionados com a propagação do sinal

Os sinais provenientes dos satélites propagam-se através da atmosfera dinâmica, atravessando camadas de diferentes naturezas e estados variáveis. Assim sendo, eles sofrem diferentes tipos de influências, que provocam variações na direção e velocidade de propagação, na polarização e na potência do sinal (SEEBER, 1993). O meio no qual ocorre a propagação consiste, essencialmente, de duas camadas principais denominadas de troposfera e de ionosfera, cada uma com características próprias e distintas.

### 2.2.2.1 Refração troposférica

O efeito da troposfera pode variar de poucos metros até aproximadamente 30 m, dependendo da densidade da atmosfera e do ângulo de elevação do satélite. Esses efeitos dependem da massa gasosa que se concentra nas baixas camadas da atmosfera terrestre. Essa massa pode ser dividida em duas componentes: uma composta de gases secos, chamada componente hidrostática, e uma outra composta de vapor d'água, denominada componente úmida (MÔNICO, 2000).

Muito frequentemente, utiliza-se durante o processamento, ou mesmo durante a coleta de dados, uma máscara de elevação para os satélites visíveis,

abaixo da qual não se consideram as observações advindas deles. Em geral, utiliza-se o valor de  $10^\circ$  ou  $15^\circ$  para os quais a variação da refração troposférica é menor (KRUEGER, 2004).

#### 2.2.2.2 Refração ionosférica

A refração ionosférica, depende da frequência e, conseqüentemente, do índice de refração. O efeito da refração é proporcional ao TEC (*Total Electrons Contents* - Conteúdo Total dos Elétrons), ou seja, ao número de elétrons presentes ao longo do caminho percorrido pelo sinal entre o satélite e o receptor. O problema principal é que o TEC varia no tempo, e no espaço, em razão do fluxo de ionização solar, atividade magnética, ciclo de manchas solares, estações do ano, localização do usuário e direção do raio vetor do satélite (LEICK, 1995). Essas variações podem fazer com que o receptor perca a sintonia com o satélite, pelo enfraquecimento do sinal, caso específico do fenômeno denominado cintilação.

Os efeitos da refração ionosférica podem ser praticamente eliminados quando dados oriundos de receptores de dupla frequência estiverem disponíveis. Por outro lado, os usuários de receptores de monofrequência têm de negligenciar os efeitos ou, quando for o caso, corrigi-los a partir de modelos existentes. Uma outra possibilidade é realizar apenas posicionamento relativo envolvendo linhas de base curtas (MONICO, 2000).

A eliminação dos efeitos da ionosfera é a maior vantagem para quem utiliza receptores GPS de dupla frequência em levantamento de bases longas. Para usuários com receptores de frequência simples, a ionosfera é a maior fonte de erro em levantamentos envolvendo bases longas. No posicionamento relativo, sobre distâncias curtas (10 a 20 km), a maioria dos erros é eliminada.

#### 2.2.2.3 Multicaminhamento ou sinais refletidos (multipath)

O efeito provocado pelo multicaminho é descrito pelo próprio nome. O receptor pode, em algumas circunstâncias, receber, além do sinal que chega diretamente à antena, sinais refletidos em superfícies vizinhas a ela, tais como

construções, carros, árvores, massa d'água, cercas etc. Trata-se do efeito denominado de efeito multicaminho. Reflexões também podem ocorrer no próprio satélite, mas são menos frequentes. Um outro fenômeno, similar ao multicaminhamento, diz respeito ao caso em que uma grande estrutura refletora produz uma imagem da antena. Nesse caso as características resultantes da amplitude e da fase do sinal não são aquelas de uma antena isolada, mas da combinação da antena e de sua imagem (LANGLEY *apud* MONICO, 2000).

Quando o multicaminho ocorre nota-se que o sinal chega ao receptor por dois caminhos diferentes, um direto e um indireto. Dessa forma, os sinais recebidos no receptor podem apresentar distorções na fase da onda portadora e na modulação sobre ela. Em geral, não há um modelo para tratar o efeito do multicaminho, pois as situações geométricas de cada local variam muito. Portanto, em muitas situações, as observáveis fase da onda portadora e pseudodistância são degradadas em razão do multicaminho, afetando a qualidade do posicionamento.

O impacto do erro produzido pelo multicaminho sobre a medida de fase da onda portadora é apresentado em LEICK (1995). As conclusões são as seguintes: a) o erro máximo corresponde a aproximadamente um quarto do comprimento de onda, ou seja, 4,8 cm para a portadora L1; b) a frequência do multicaminhamento é proporcional à distância perpendicular entre a superfície refletora e a antena, e inversamente proporcional ao comprimento da onda, além de ser função do ângulo de elevação do satélite; e c) a fase da onda portadora livre dos efeitos da ionosfera se comporta de maneira muito complicada quando sujeita ao multicaminhamento.

No que concerne ao multicaminho na pseudodistância, o comportamento é muito similar ao da fase da onda portadora, mas a variação apresenta ordem de magnitude várias vezes maior. O erro máximo também será proporcional ao comprimento de onda, que no caso da pseudodistância está relacionado com a razão de transmissão dos códigos C/A (1,023 MHz) e P(Y) (10,23 MHz). Quanto maior for a frequência, menor será o erro máximo. Portanto, espera-se que o multicaminho na pseudodistância derivada do código P(Y) seja menor que o derivado do código C/A. Em razão da grande dimensão do erro provocado pelo multicaminho na pseudodistância, muitos esforços têm sido direcionados para o refinamento de algoritmos visando sua detecção e rejeição.

A antena choke-ring composta por um plano de terra (disco metálico horizontal onde a antena é centrada) que contém uma série de círculos concêntricos

com altura de aproximadamente um quarto do comprimento de onda, valor máximo do multicaminho para a portadora. A utilização de antenas do tipo choke-ring é um dos melhores meios para a proteção contra o multicaminho. A desvantagem está relacionada com seu peso e tamanho.

Também se encontram referências quanto ao emprego de materiais isolantes capazes de minimizar estes efeitos advindos do sinal indireto a antena GPS. O Atenuador do Efeito do Multicaminho do Laboratório de Geodésia Espacial (AEM/LAGE) é composto por materiais atenuantes acoplados na antena GPS visando minimizar o efeito do multicaminho (VISKI; HUINCA; KRUEGER; LEANDRO, 2010)

Pode-se observar que a ocorrência do multicaminho depende da refratividade do meio onde se posiciona a antena, das características da antena e das técnicas utilizadas nos receptores para reduzir os sinais refletidos. As condições um tanto arbitrárias da geometria e ambiente envolvendo o levantamento tornam a modelagem desses efeitos muito difícil, embora algumas combinações de observáveis permitam avaliar o nível de sinais refletidos.

#### 2.2.2.4 Perdas de ciclos

Quando um receptor é ligado, a parte fracionária da fase de batimento da onda portadora, isto é, a diferença entre a portadora recebida do satélite e a sua réplica gerada no receptor, é observada, e um contador de ciclos inteiros é inicializado. Durante o rastreamento, o contador é incrementado por um ciclo sempre que a fase de batimento muda de  $2\pi$  para 0. Assim sendo, numa determinada época, a fase observada é igual à soma da parte fracionária medida naquela época com o número inteiro de ciclos contados desde o início do rastreamento. O número de ciclos inteiros entre o satélite e o receptor é desconhecido no início do levantamento. Esse número de ciclos inteiros é denominada de ambigüidade. Se não ocorrer interrupção da contagem no número inteiro de ciclos durante o período de observação, ele permanece constante (HOFMANN-WELLENHOF et al. *apud* MONICO, 2000).

Num ambiente com amplo campo de visão, as medidas de fase são, normalmente, contínuas com respeito ao período de uma sessão de observação.

Porém, essa não é a realidade na maioria dos levantamentos GPS, onde pode ocorrer obstrução do sinal de um ou mais satélites, impedindo que estes cheguem até a antena do receptor. Dessa forma, ocorrerá perda de sinal, acarretando também uma perda na contagem do número inteiro de ciclos medidos no conjunto receptor/antena. Esse evento denomina-se perda de ciclos (*cycle slips*).

As causas não são restritas ao bloqueio do sinal cujas fontes podem ser construções, árvores, pontes, montanhas etc. Aceleração da antena, variações bruscas na atmosfera, interferências de outras fontes de rádio e problemas com o receptor e software podem também resultar em perdas de ciclos. De qualquer forma, é de esperar que, quando da interrupção do bloqueio, a parte fracional permaneça correta; somente o número inteiro de ciclos sofre mudança. É necessário, e na maioria das vezes é possível, corrigir a medida da fase da portadora do número inteiro de ciclos devido à descontinuidade na medida. A correção exige que se localize onde se deu a ocorrência do salto, bem como sua dimensão. Esse processo denomina-se correção das perdas de ciclos (*cycle slip fixing*).

## 2.3 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

Como já foi visto anteriormente (seção 2), posicionar um objeto consiste no ato ou efeito de situá-lo e localizá-lo sobre a superfície terrestre, ou melhor, determinar as suas coordenadas (latitude, longitude e altitude elipsoidal) sobre esta superfície segundo um sistema de referência (origem). Para Mônico (2000) posicionamento diz respeito à determinação da posição de objetos com relação a um referencial específico. Segundo Krueger (2007) o posicionamento pode ser classificado, de forma geral, em três métodos distintos: Método Absoluto, Método Relativo e GPS Diferencial sendo o primeiro de interesse para este trabalho e conseqüentemente será abordado em maior profundidade.

### 2.3.1 Método de Posicionamento Absoluto ou Posicionamento por Ponto

O método de posicionamento é absoluto, segundo Mônico (2000), quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro podendo ser conduzido de

forma estática ou cinemática e o resultado é uma navegação por medidas de pseudodistâncias baseadas em observações de fase do código em relação à pelo menos quatro satélites.

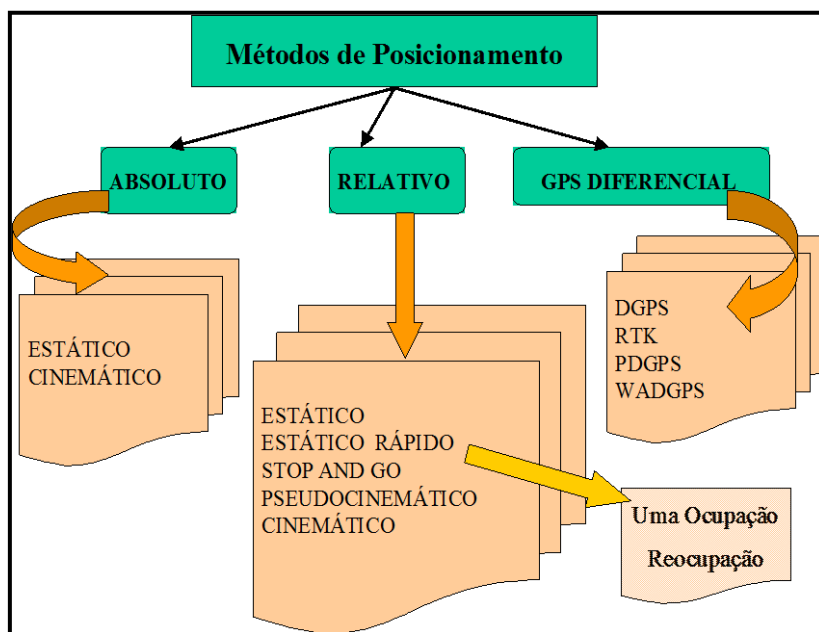


FIGURA 1 - MÉTODOS DE POSICIONAMENTO  
FONTE: KRUEGER (2005)

No posicionamento absoluto necessita-se de apenas um receptor, e a posição do ponto é determinada em tempo real ou pós-processada, no sistema de referência vinculado ao GPS, ou seja, o WGS 84 (*World Geodetic System – 84*) (CAMARGO, 2003).

Este método de posicionamento é muito utilizado em navegação de baixa precisão e em levantamentos expeditos. Mesmo se a coleta de dados, sobre um ponto estacionário, for de longa duração, a qualidade dos resultados não melhora significativamente, em razão dos vários erros sistemáticos envolvidos na observável utilizada. Esse método não atende os requisitos de precisão intrínsecos ao posicionamento geodésico (MONICO, 2000).

Para os casos em que não há necessidade de posicionamento em tempo real, ou seja, quando as observações podem ser pós-processadas, é possível utilizar as efemérides precisas e as correções para os relógios dos satélites produzidos pelo IGS, ambos com precisão de poucos centímetros, bem como rotinas para corrigir as observáveis dos efeitos advindos da troposfera e da ionosfera (CAMARGO, 2003).



A precisão do posicionamento é delimitada conforme o Serviço de Posicionamento Padrão (SPS) e o Serviço de Posicionamento Preciso (PPS). No primeiro (acesso somente ao código C/A em  $L_1$ ) a precisão posicional é de 15 a 25 metros com receptores de navegação e melhor que 10 metros com receptores geodésicos no nível de probabilidade de 95% (DIVIS, 2000). No segundo serviço, disponível apenas a usuários autorizados, o acesso é disponibilizado a ambos os códigos e está sujeito a criptografia do código P quando o dispositivo de segurança AS está ativado. Antes do desligamento da SA, a acurácia horizontal do posicionamento absoluto era da ordem de 100m no nível de probabilidade de 95% (MONICO, 2000).

### 2.3.2 Métodos de posicionamento relativo e diferencial

O posicionamento relativo consiste na determinação da diferença de posição entre uma estação base (ou estação de referência) e uma estação móvel (ou estação itinerante). Para tanto, é calculado um vetor entre estas duas estações. A estação base possui coordenadas geodésicas conhecidas e precisas com as quais se determina o vetor posição, que representa a posição relativa entre as estações, e dessa forma são obtidas as coordenadas geodésicas da estação móvel (SEEBER, 1993).

Este método contribui para a redução de erros, especialmente o erro dos relógios do satélite, o erro das efemérides e o erro de propagação do sinal na atmosfera. Utilizando-se apenas os códigos, para algumas aplicações com o GPS não é alcançada, por exemplo, as geodésicas. Assim, deve-se recorrer ao método de posicionamento relativo com emprego de observáveis baseadas na fase da onda portadora, que permite obter precisão da ordem de 1,0 a 0,1 ppm, ou melhor (MONICO, 2000).

O posicionamento relativo pode ser feito por meio dos métodos: estático, estático rápido, cinemático, semi-cinemático, etc. Uma descrição melhor destes métodos pode ser encontrada em MONICO (2000) e KRUEGER (2004).

O método de posicionamento diferencial é aplicado em casos que o usuário deseja obter as coordenadas ou trajetórias em tempo real, logo a partir da constatação de que os erros existentes entre as estações de referência e móvel são

altamente correlacionados busca-se determiná-los na estação de referência e aplicar correções (das posições ou das pseudodistâncias) na estação móvel, reduzindo ou minimizando esses erros atuantes.

Essas correções são enviadas em tempo real por meio de um sistema de comunicação (rádio de transmissão, linha telefônica ou satélites de comunicação) dentro de um formato apropriado, definido pela *Radio Technical Committee for Maritime Service* (RTCM) (KRUEGER, 2004).

A aplicação desse sistema diferencial possibilita uma minimização da influência dos erros do relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal na atmosfera. Se esses erros forem os mesmos para as estações de referência e móvel, pode-se dizer que eles serão eliminados pelas correções diferenciais enviadas da estação de referência para a estação móvel (KRUEGER, 2004).

## 2.4 RECEPTORES DE NAVEGAÇÃO

Segundo CAMARGO (2003) com a desativação da técnica de segurança SA (*Selective Availability*), que consistia na degradação do sinal dos satélites através das técnicas Épsilon (manipulação dos dados das efemérides transmitidas) e da técnica Dither (manipulação da frequência dos relógios através da desestabilização sistemática dos osciladores dos satélites), ocorrida em 2000, a utilização de receptores GPS de mão ou navegação está se tornando cada vez mais popular. Porém esses receptores estimam e armazenam as posições, mas não registram as observáveis (pseudodistâncias e fase da portadora L1), o que inviabiliza um pós-processamento dos dados.

Segundo KRUEGER (2004), dentre as características existentes para os receptores de navegação, pode-se enumerar as seguintes: a) geralmente recebem apenas o código C/A; b) fornecem aos usuários uma solução, em tempo real, indicada no visor do receptor; c) não armazenam os dados brutos enviados pelos satélites; d) armazenam coordenadas instantâneas, rotas ou trajetórias descritas; e) precisão indicada para usuários SPS; e, f) utilizam antenas internas, dificultando a determinação do seu centro de fase.

## 2.5 ACURÁCIA E PRECISÃO DO POSICIONAMENTO ABSOLUTO COM RECEPTORES DE NAVEGAÇÃO

Mikhail e Ackermann (1976) apresentam acurácia como sendo o grau de proximidade de uma estimativa com seu parâmetro (ou valor verdadeiro), enquanto precisão expressa o grau de consistência da grandeza medida com sua média. Esses autores acrescentam que acurácia reflete a proximidade de uma grandeza estatística ao valor do parâmetro para o qual ela foi estimada e que precisão está diretamente ligada com a dispersão da distribuição das observações.

Os mesmos autores afirmam que precisão pode ser definida como o grau de conformidade entre as séries de observações da mesma variável aleatória, e que a dispersão da distribuição de probabilidade é um indicador da precisão.

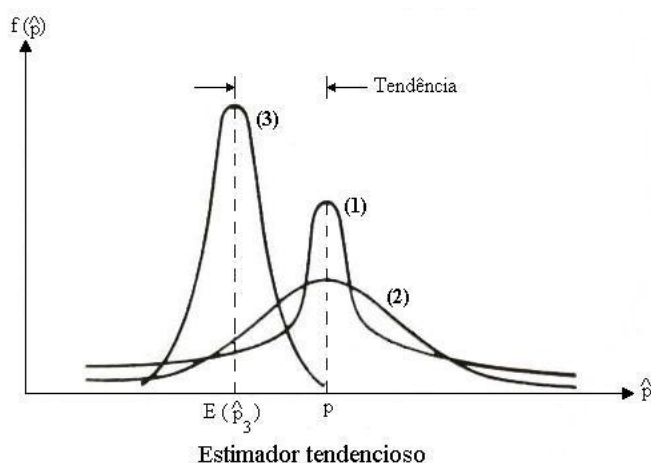


FIGURA 2: ACURÁCIA E PRECISÃO  
 FONTE: MIKHAIL e ACKERMAN (1976)

Gemael (1994) afirma que precisão está vinculada apenas aos efeitos aleatórios ao passo que a acurácia vincula-se com os efeitos sistemáticos e aleatórios (tendência e sua dispersão). Essa mesma análise pode ser observada em Bussab e Morettin (1987) onde a tendência é denominada de viés.

Considerando-se a definição original de Gauss, não há dúvida de que o termo acurácia envolve tanto erros sistemáticos como aleatórios, enquanto precisão está unicamente vinculada com erros aleatórios. A questão que se apresenta então é como interpretar essa definição sem incorrer em contradições. Se acurácia envolve ambos os efeitos (sistemático e aleatório) e precisão somente os aleatórios, o termo acurácia por si só envolve a medida de precisão. Ou seja, para um conjunto de medidas que não apresenta erros sistemáticos, os valores de acurácia e precisão se confundem. (MONICO *et al.*, 2009, p. 473).

Acurácia é o grau de conformidade de um valor medido ou calculado em relação à sua definição ou com respeito a uma referência padrão. Acurácia de medição é o grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurando. Precisão é o grau de concordância mútua entre uma série de medidas individuais. A precisão é muitas vezes, mas não necessariamente, expressa pelo desvio padrão das medidas (FAGGION, 2004).

Segundo Divis (2000) a precisão horizontal alcançada com este método de posicionamento era de 100m e a precisão vertical era de 156m, com nível de probabilidade de 95%, com a técnica de segurança denominada de Disponibilidade Seletiva - SA (Selective Availability) ativada. Já com esta técnica de segurança (SA) desativada (depois 02/05/2000) obtém-se 13m e 25 m, com nível de probabilidade de 95%, na precisão horizontal e vertical, respectivamente, abrindo-se um campo de investigação para a performance dos receptores GPS de baixo custo (SEEBER, 2003 e DIVIS, 2000).

Segundo Air Force Space Command (AFCS, 2011) a melhor precisão tridimensional, com 95% de probabilidade, pode ser de 6,5m.

A ocupação com GPS de navegação em qualquer vértice e sua permanência por um determinado tempo, conforme Angulo Filho et al. (2002), melhora a exatidão de posicionamento planimétrico, o que ratifica a escolha da metodologia de levantamento como fundamental para a obtenção de bons resultados de posicionamento.

Segundo Silva (2002), os receptores GPS de navegação não podem ser empregados na determinação de áreas de imóveis urbanos e rurais, quando estes desejam registros em cartório ou obras que exigem maior precisão. Concluiu que poderiam ser utilizados para demarcações internas às propriedades como divisão de pastagem, estimativa de cercamento, etc. Encontrou também oscilações em mais de 100 vezes entre o menor e maior valor, dependendo do receptores, na determinação do perímetro.

Coelho (2003) visando avaliar o desempenho de receptores GPS de navegação e geodésico em levantamentos altimétricos para fins de sistematização de terras concluiu que o GPS geodésico é perfeitamente viável; por outro lado, o GPS de navegação mostrou-se inviável porque gerou uma superfície totalmente distorcida do real, e com características e resultados que impossibilitaram uma

interpretação próxima da real superfície levantada, embora com um custo de investimento baixo.

Silva et al. (2004) visando estudar a variação temporal das coordenadas observadas usando o método absoluto concluiu que a variação das coordenadas UTM no sentido Este foi de 12,45 m e no sentido Norte 8,92 m. Verificou ainda que as coordenadas em relação ao tempo variaram aleatoriamente sem desenvolver nenhum comportamento específico.

Objetivando estudar a precisão, acurácia e variação temporal das coordenadas obtidas com receptores GPS de navegação Santos; Rodrigues e Souza (2005) concluíram que o desvio padrão, a amplitude e o erro obtidos nas abscissas foram respectivamente de 3,910 m, 18,405 m e 0,302m, sendo para as ordenadas de 3,795 m, 19,147 m e 3,975 m. Verificaram, também, que as abscissas seguiram a distribuição normal no intervalo de  $\pm 6,6166$  m ( $1,69\sigma$ ), com confiança de 90,9%, e as ordenadas no intervalo de  $\pm 6,8492$ m ( $1,80\sigma$ ), com confiança de 92%. Os resultados conduziram a que as coordenadas obtidas com receptores de navegação estão submetidas à variação temporal contínua ao longo do dia. Com o aumento da sessão, a dispersão das coordenadas aumenta, devido à variação temporal, e a acurácia não melhora consideravelmente, devido a erros sistemáticos que não podem ser removidos com este método de posicionamento. Esta constatação permite afirmar que o receptor GPS de navegação não pode ser utilizado em trabalhos que exigem alta acurácia, como por exemplo, levantamentos topográficos (erro planimétrico inferior a 0,5m).

Florentino e Camargo (2005) desenvolveram um trabalho com o objetivo de apresentar a análise da qualidade do posicionamento relativo, a partir dos dados coletados com receptor de navegação Garmin GPS 12XL, utilizando a possibilidade de registro dos dados dos receptores GPS de navegação num computador ou notebook, por meio da combinação do receptor e programas desenvolvidos para esta finalidade. Com o pós-processamento, dos dados coletados, tiveram os meios de conseguir melhores níveis de precisão e acurácia empregando um receptor de mão. A análise dos 50 levantamentos realizados mostrou erros planimétricos menores que 0,50m. Com respeito à avaliação da precisão, ou seja, do desvio-padrão, a maior dispersão plana foi de 0,47m.

Florentino *et al.* (2005) demonstraram o potencial de uso de receptores GPS de navegação no posicionamento relativo estático através do registro e

armazenamento das observáveis. Concluíram que a acurácia e precisão são inferiores a 50 cm. Na estimativa da área, a partir dos dados obtidos com esta técnica, encontraram discrepâncias inferiores a 0,18%.

Fensterseifer (2005) desenvolveu um estudo visando esclarecer a incerteza a respeito do posicionamento absoluto com GPS que captam somente com código C/A relacionada à sua verdadeira precisão em diferentes épocas: no período do erro embutido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América no sinal GPS, o segundo levantamento no período supostamente onde está intervenção estaria desativada e um terceiro período este durante a guerra entre EUA e Iraque. Conclui que depois que deixou de haver a manipulação do sinal GPS houve um aumento da precisão em 60,31m. Durante a guerra do Iraque houve uma pequena oscilação de 8,64 m estando este valor mais ligado a problemas ambientais no sinal GPS do que a erros embutidos.

Num outro trabalho conduzido por Fensterseifer (2005) ele encontrou desvio médio ajustado, por análise de regressão, de 18,64 m e 22,85 m para modelo linear e quadrático, respectivamente e, nas observações sem o ajustamento via regressão, encontrou 50,70 m de desvio. Conclui, assim, haver uma melhora significativa para o posicionamento absoluto, sem pós-processamento, com equipamentos de GPS de baixa precisão ou também denominados de Navegação.

Em um trabalho conduzido por Freiburger (2006) objetivando comparar as áreas de três poligonais obtidas a partir de vértices determinados por posicionamentos GPS absoluto e relativo estático rápido e por técnica convencional, isto é, levantamento topográfico; encontrou variação de 5,6% na área final da poligonal obtida através da técnica de posicionamento absoluto com receptor de navegação. Verificou ainda, que no posicionamento absoluto dos vértices de poligonais não há um erro sistemático e que eles não ocorrem para o mesmo lado, como alguns usuários pensam (FREIBERGER, 2006).

Krueger e Tranches (2006) instalaram uma antena externa ao receptor de navegação GARMIN GPS III Plus, o qual estimou e armazenou as posições do marco posicionado, porém sem registrar as observáveis (pseudodistâncias e/ou fase da portadora L1). Através de um cabo de transferência de dados, foram transmitidos para o computador, via porta serial, em tempo real e gravados no disco rígido do notebook as observáveis obtidas com estes receptores a partir do programa ASYNC. Concluíram que há possibilidade de empregar esta metodologia na determinação de

marcos classe P3 (INCRA, 2010) atingindo os padrões exigidos pela norma do INCRA para cadastramento rural com receptores GPS de navegação (observando a onda portadora L1) em linhas de base compatíveis com o tempo de observação dos pontos, tornando-se, portanto uma alternativa viável e com uma boa relação custo/benefício.

Gonçalves *et al.* (2007) encontram, com receptores GPS de navegação, precisão horizontal e vertical de 8,30m e 14,30m, respectivamente, com 95% de confiança.

Num trabalho conduzido por Krueger, Huinca e Maia (2009) visando determinar a precisão do método de Posicionamento Absoluto foi encontrada variação na precisão em função do ao horário do dia em que eram coletadas as observáveis e as condições de obstruções nos respectivos marcos. A melhor precisão plana obtida com um GPS de navegação para um marco livre de obstrução foi de 4,68m, no horário do almoço. Já, a precisão vertical foi de 13,26m no horário da manhã e, a melhor precisão tridimensional foi 17,52m, no período vespertino.

Num trabalho conduzido por Silva Jr. *et al.* (2009), que analisou a precisão do posicionamento planimétrico de três receptores GPS de navegação: 76 Csx, eTrex Vista e GPS 315, concluíram que não houve diferença significativa entre os erros planimétricos nos três receptores porque a análise da variância não apresentou diferença significativa pelo teste F (distribuição F de Snedecor).

Tragueta e Cardoso (2009) ao analisar o desempenho de receptores GPS de navegação na obtenção de área e perímetro de polígono considerando três diferentes elipsóides (WGS 84, SAD 69 e Córrego Alegre, considerando leituras de coordenadas plano-retangulares, sistema UTM) encontrou os valores de área e perímetro obtidos pelos receptores GPS de navegação, quando comparados a área e perímetro obtidos por receptor geodésico, configurado para o elipsóide SAD 69 apresentaram 0,09% e 0,15% (diferença mínima); 14,97% e 37,37% (diferença máxima) de área e perímetro, respectivamente, segundo a configuração SAD 69; 0,07% e 0,10% (diferença mínima); 29,01% e 41,93% (diferença máxima) de área e perímetro, respectivamente, segundo a configuração WGS 84 e 0,03% e 0,26% (diferença mínima); 38,37% e 21,06% (diferença máxima) de área e perímetro, respectivamente, segundo a configuração Córrego Alegre. Conclui pela necessidade a repetição das medidas, para comprovação ou não dos dados obtidos.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a acurácia e a precisão das coordenadas geodésicas obtidas com o emprego do método de Posicionamento Absoluto através da utilização de receptores GPS de navegação no dias atuais.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a acurácia e a precisão na determinação das coordenadas geodésicas por diferentes receptores GPS de navegação;
- Avaliar a variabilidade da acurácia e precisão na determinação das coordenadas geodésicas por diferentes receptores GPS de navegação ao longo do dia;
- Avaliar as coordenadas geodésicas do método Absoluto em locais com diferentes características do entorno;
- Analisar a viabilidade do emprego deste método de posicionamento em diferentes aplicações na engenharia mediante os resultados alcançados.



## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados a área de estudo, uma descrição dos levantamentos efetuados e os equipamentos empregados; as coordenadas adotadas como precisas para os marcos em estudo, bem como, a determinação dos erros e as análises estatísticas a serem aplicadas aos resultados obtidos.

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo, na qual se encontram os marcos, está localizada no Campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

Visando coletar as coordenadas de marcos que possuam características diferentes em termos de quantidade de elementos obstrutivos em seu entorno, que dificultam a recepção dos sinais de satélites (seção 2.2.2.4), foram selecionados três marcos. O primeiro marco é denominado RM3 e está situado ao lado do Observatório Astronômico Camil Gemael. Os outros dois marcos são Referências de Nível (RN): RN10 e RN 14. O marco RN 10 situa-se na praça defronte a Usina Piloto. Já, o RN 14 está localizado a 3,0 m a noroeste da guarita de saída do Campus em direção a Rua Francisco H. dos Santos. No croqui da FIGURA 3 pode-se visualizar a localização dos três marcos no Campus Politécnico da UFPR. Na FIGURA 4 são mostrados em detalhes os respectivos marcos.



FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO DOS MARCOS NO CENTRO POLITÉCNICO  
FONTE: AUTOR (2011)



RM3



RN 10



RN 14

FIGURA 4 – MARCOS NO CENTRO POLITÉCNICO UTILIZADOS NOS LEVANTAMENTOS  
 FONTE: AUTOR (2011)

## 4.2 REALIZAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS

As coordenadas geodésicas obtidas com o Posicionamento Absoluto (seção 2.3.1), em cada marco, foram coletadas nos dias 13 do abril de 2011 no período matutino (8 h), ao meio-dia (12h) e no período vespertino (16 h). Foram utilizadas quatro diferentes marcas comerciais de receptores GPS de navegação. Em cada sessão, para cada um dos receptores, foram coletadas 10 coordenadas geodésicas absolutas com intervalo de 1 (um) minuto.

## 4.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para o levantamento das obstruções foram utilizados um teodolito óptico, marca Vasconcelos, e um tripé. No Posicionamento Absoluto empregaram-se os seguintes receptores GPS de navegação:

### 4.3.1 Receptor GPS Garmin Etrex Venture

O receptor tem as seguintes especificações físicas: peso de 159 g (com pilhas instaladas), tela em TFT (transreflector) de 1,3" de largura e 1,7" de altura, 256 cores e retro-iluminação. O receptor conta com ativação WAAS (*Wide Area Augmentation*

*System*) e EGNOS (sigla inglesa de *European Geostationary Navigation Overlay Service*) ou Sistema Europeu Complementar Geoestacionário . O WAAS é baseada numa rede de 25 estações terrestres (nos Estados Unidos), que cobrem uma grande área de serviço. Cada uma dessas estações tem a posição precisamente aferida e recebe sinais GPS para verificar os erros. Paralelamente está sendo desenvolvido, de forma independente, na Europa, o sistema EGNOS que é um sistema complementar europeu criado para melhorar a precisão dos sinais de navegação por satélite. Tempo de aquisição: hot start de 3 segundos, warm start de 33 segundos e Cold start de 39 segundos. Taxa de atualização contínua de 1 segundo, antena incorporada, fonte de alimentação com duas pilhas AA de 1,5V. O display do receptor apresenta 1 (uma) casa decimal de segundos. A acurácia, informada pelo fabricante, é menor que 10 m e 100 m com 95% de confiança, respectivamente, quando da disponibilidade seletiva (técnica de segurança SA, seção 2), imposta pelo Departamento de Defesa dos USA, não estiver ativada.

#### 4.3.2 Receptor GPS Garmin 45 XL

O receptor GPS Garmin 45 XL tem as seguintes especificações físicas: peso de 159 g, tamanho de 6,5" de altura e largura de 2" de altura. Tempo de aquisição: warm start de 20 segundos e Cold start de 2,0 minutos, taxa de atualização contínua de 1 segundo, 8 canais, antena externa, fonte de alimentação com quatro pilhas AA de 1,5V. O display do receptor apresenta 1 (uma) casa decimal de segundos. A acurácia, informada pelo fabricante, é menor que 15 m com 95% de confiança quando da disponibilidade seletiva, imposta pelo Departamento de Defesa dos USA, não estiver ativada.

#### 4.3.3 Receptor GPS Trimble – Juno SB

Possui câmera digital integrada de 3 megapixel; receptor GPS integrado atingindo precisões entre 1 e 3 metros após correção diferencial em tempo real; processador de 533MHZ, memória RAM de 128MB, memória interna Flash de 128MB expansível via cartão MicroSD e 12 canais. Display colorido de 3.5 polegadas. O display do receptor apresenta 3 (três) casa decimal de segundos.

Bateria para 24 h de trabalho. Software de coleta TerraSync da Trimble. Tecnologias Bluetooth 2.0 e Wi-Fi integradas. Sistema Operacional Windows Mobile 6 em Português.

#### 4.3.4 Receptor GPS Garmin Map 60 CSx

O receptor GPS Garmin Map 60 CSx tem as seguintes especificações físicas: peso de 213 g (com pilhas instaladas), Display de 1,5" de largura e 2.2" de altura, 256 cores e retro-iluminação. O display do receptor apresenta 1 (uma) casa decimal de segundos. Utiliza o chip SIRF III que lhe permite acessar simultaneamente 20 canais, muito sensível e mais preciso que as gerações anteriores. Incorpora ainda uma bússola eletrônica e altímetro barométrico. O receptor conta com ativação WAAS. Tempo de aquisição: no modo warm aproximadamente 15 segundos, no modo cold (frio) aproximadamente 45 segundos. taxa de atualização contínua de 1 segundo, antena externa, fonte de alimentação com duas pilhas AA de 1,5V e 12 canais paralelos. A acurácia, informada pelo fabricante, é menor que 10 m e 100 m com 95% de confiança, respectivamente, quando da disponibilidade seletiva, imposta pelo Departamento de Defesa dos USA, estiver ou não ativada.

#### 4.4 LEVANTAMENTOS DAS OBSTRUÇÕES

Realizaram-se os levantamentos topográficos das obstruções, com o objetivo de gerar um diagrama das ocorrências físicas no entorno de cada um dos marcos indicados na seção 4.1 (FIGURA 4)

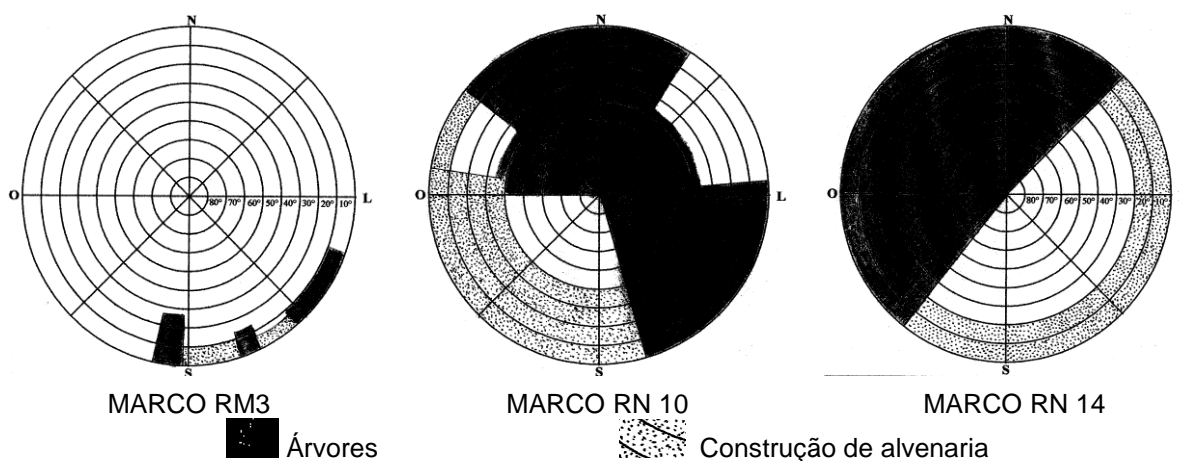


FIGURA 5 – DIAGRAMA DE OBSTRUÇÕES NO ENTORNO DOS MARCOS GEODÉSICOS  
FONTE: AUTOR (2011)

O objetivo desse levantamento é identificar objetos como construções, árvores, antenas, placas ou feições que possam fazer com que o sinal do satélite não chegue ao receptor GPS ou ofereça alguma resistência a este sinal ou favoreça o multicaminho do mesmo (Seção 2.2.3).

Cada marco foi ocupado com o teodolito, marca Vasconcelos, no qual foram realizadas as varreduras das obstruções determinando o azimute do início e o fim de cada ocorrência e o respectivo ângulo vertical. A FIGURA 5 mostra o Diagrama de Obstrução gerado para o Marco RM3, RN 10 e RN 14.

#### 4.5 COORDENADAS PRECISAS DOS MARCOS

Os valores das coordenadas precisas dos marcos objeto deste estudo foram obtidas do estudo de Maia (2009) e no sítio do Laboratório de Geodésica Espacial da Universidade Federal do Paraná. As coordenadas referidas ao sistema de referência vinculado ao GPS, ou seja, atualmente o WGS-84 (G1150) (*World Geodetic System*, 1984 – refinado para a semana 1150) encontram-se indicadas na TABELA 1.

TABELA 1 – COORDENADAS PRECISAS DOS MARCOS RASTREADOS (WGS 84)

MARCO	N (m)	E (m)	Altitude Elipsoidal (m)
RM3 *	7.183.210,010	677.856,723	928,382
RN 10 **	7.184.107,523	677.638,024	912,420
RN 14 **	7.183.866,945	677.871,899	921,120

FONTE: \* LAGE (2011)

\*\* MAIA (2009)

#### 4.6 COORDENADAS ABSOLUTAS

A coleta das coordenadas geodésicas dos marcos foi realizada aplicando o método de Posicionamento Absoluto conforme descrito por Krueger (2006), com registro das coordenadas geodésicas no sistema de referência WGS84 (latitude, longitude e altitude) a cada 1 minuto, totalizando 10 observações para cada receptor. A quantidade de amostras foi estabelecida visando de constituir uma base

de informações, de forma a permitir a análise estatística detalhada do comportamento desses dados.

As coordenadas geodésicas obtidas no rastreamento foram transformadas para coordenadas UTM utilizando o aplicativo UTMGeovv.exe desenvolvido por FIRKOWSKI (2011).

Foram ainda registrados a data e o horário das observações, o PDOP (apenas para o receptor Juno) e o número de satélites captados por cada receptor. O QUADRO 3 apresenta a caderneta de campo desenvolvida e utilizada no presente estudo. Lembra-se que o PDOP (*Position Dilution Of Precision*) é utilizado como indicativo da geometria dos satélites disponíveis no posicionamento tridimensional. Quanto menor o valor, melhor é a geometria (KRUEGER, 2006).

CADERNETA DE CAMPO PARA REGISTRO DAS OBSERVAÇÕES											
Receptor				Receptor				Receptor			
Identificação do marco				Identificação do marco				Identificação do marco			
Horário		Data		Horário		Data		Horário		Data	
Nº Sat.		PDOP		Nº Sat.		PDOP		Nº Sat.		PDOP	
Observa	Lat	Long	Alt	Observa	Lat	Long	Altitude	Observa	Lat	Long	Altitude
1				1				1			
2				2				2			
3				3				3			
4				4				4			
5				5				5			
6				6				6			
7				7				7			
8				8				8			
9				9				9			
10				10				10			

QUADRO 3 – EXEMPLO DE CADERNETA DE CAMPO PARA REGISTRO DAS OBSERVAÇÕES  
 FONTE: AUTOR (2011)

No desenvolvimento do trabalho foram realizadas análises comparativas das amostras através da elaboração de gráficos representativos dos resultados obtidos, considerando as situações diferenciadas em termos de horários, equipamentos e de satélites, visando à obtenção da acurácia fornecendo subsídios para a indicação da utilização do método de Posicionamento Absoluto em determinadas aplicações específicas da engenharia e outras áreas.

## 4.7 DETERMINAÇÃO DOS ERROS

### 4.7.1 Erro planimétrico

O erro planimétrico cometido pelos receptores GPS de navegação na determinação das coordenadas UTM dos marcos foi determinado através da equação 2.

$$\varepsilon_p = \sqrt{(N_p - N_r)^2 + (E_p - E_r)^2} \quad (2)$$

Onde:  $\varepsilon_p$  = erro planimétrico (m);  
 $N_p$  = coordenada UTM Norte precisa (m);  
 $N_r$  = coordenada UTM Norte rastreada (m);  
 $E_p$  = coordenada UTM Este precisa (m);  
 $E_r$  = coordenada UTM Este rastreada (m)

### 4.7.2 Erro tridimensional

O erro tridimensional cometido pelos receptores GPS de navegação na determinação das coordenadas UTM dos marcos foi determinado através da equação 3.

$$\varepsilon_t = \sqrt{(N_p - N_r)^2 + (E_p - E_r)^2 + (Alt_p - Alt_r)^2} \quad (3)$$

Onde:  $\varepsilon_t$  = erro tridimensional (m);  
 $N_p$  = coordenada UTM Norte precisa (m);  
 $N_r$  = coordenada UTM Norte rastreada (m);  
 $E_p$  = coordenada UTM Este precisa (m);  
 $E_r$  = coordenada UTM Este rastreada (m);  
 $Alt_p$  = coordenada UTM altimétrica precisa (m);  
 $Alt_r$  = coordenada UTM altimétrica rastreada (m)

## 4.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados das observações foram submetidos à análise estatística. Para cada receptor e período de rastreamento foram estimados os seguintes parâmetros:

#### 4.8.1 Média Aritmética Amostral

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{N} \quad (4)$$

#### 4.8.2 Variância Amostral

$$s^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (5)$$

#### 4.8.3 Desvio Padrão Amostral

$$\sigma = \sqrt{s^2} \quad (6)$$

Os resultados foram submetidos à análise da variância objetivando estudar a homogeneidade das variâncias pelo Teste F, paramétrico. Quando as variâncias não apresentaram homogeneidade aplicou-se o Teste Não Paramétrico de Kruskal-Wallis (KRUSKAL-WALLIS, 1952), que é aplicado quando estão em comparação três ou mais grupos independentes e o resultado do experimento é ordenado. Com base na ordem dos resultados, o procedimento para o teste compreende a combinação das posições das amostras num único rol ordenado do maior para o menor. Este teste é não paramétrico pois não se baseia em qualquer modelo de probabilidade para estabelecer as regiões de aceitação e rejeição das hipóteses; e, segundo Campos (1979) é um substituto do Teste F do campo paramétrico.

Após o teste Kruskal-Wallis, em se rejeitando a hipótese nula, que assume igualdade entre os tratamentos, deve-se realizar uma análise para verificar grupos diferentes. O objetivo desta última é identificar quais são os tratamentos diferentes. Para tal análise será adotado o teste de Tukey. O teste de Tukey se caracteriza como um método que utiliza uma distribuição em escala studentizada (OLIVEIRA *et al*, 2009). O teste é utilizado quando se deseja comparar todos os pares de médias de populações, adotando-se um único nível de confiança. Ele consiste em calcular um valor tal que acima dele, a diferença entre duas médias amostrais (em absoluto) é significativamente diferente de zero. O método de Tukey considera todas as



possíveis diferenças dois-a-dois na amostra para um ordenamento destas de modo a identificar quais os grupos são estatisticamente iguais, considerando um determinado nível de confiança. Para essa identificação foi utilizado o teste de Tukey com um nível de significância de 5%.

#### 4.8.4 Acurácia

$$a = b \pm S_x \quad (7)$$

onde:  $a$  = Acurácia (m);  
 $b$  = Tendência, desvio ou erro médio (dada pela média amostral do erro)  
 $S_x$  = precisão da média amostral, calculada pela expressão

$$S_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

onde:  $\sigma$  = desvio padrão amostral  
 $n$  = números de observações

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As FIGURAS 6, 7 e 8 apresentam graficamente os erros Norte e Este cometidos pelo receptores GPS de navegação sobre o Marco RM3, no período matutino, meio-dia e vespertino, respectivamente. Verifica-se que no período matutino as coordenadas planimétricas coletadas absolutamente estão mais próximas das coordenada planimétrica precisa do marco, indicando um melhor desempenho neste período de rastreo quando comparado com o período do meio-dia e vespertino. Outro aspecto que se constata ao analisar as FIGURAS 6, 7 e 8 é que os pontos rastreados se distribuem ao redor do Marco RM3, conforme já constatou em estudo semelhante Freiburger (2006); porém, a distribuição não é homogênea.

Na seção 2.3.1 comentou-se que a precisão posicional é de 15 a 25 metros com receptores de navegação no nível de probabilidade de 95% (DIVIS, 2000). Em uma análise planimétrica espera-se erros inferiores a 15m em 95% dos casos. Percebe-se numa análise visual destas figuras (FIGURAS 6 a 8) que todos os erros para o RM3 foram inferiores ao almejado.

As FIGURAS 9, 10 e 11 apresentam graficamente os erros Norte e Este cometidos pelos receptores GPS de navegação sobre o Marco RN 10, no período matutino, meio-dia e vespertino, respectivamente. Como neste Marco verifica-se uma construção de alvenaria e árvores formando obstruções significativas (FIGURA 5) constata-se uma maior dispersão nas soluções para os receptores de navegação, independentemente do período considerado, conforme já constatado por Krueger, Huinca; Maia (2009). Deve-se atentar para o fato de que o receptor Garmin 45 apresentou, principalmente no período matutino, erros superiores ao indicado na literatura (seção 2.3.1). No Marco RN 10 verificou-se o mesmo aspecto já salientado para o Marco RM3 quanto à distribuição dos pontos com relação as coordenadas precisas.

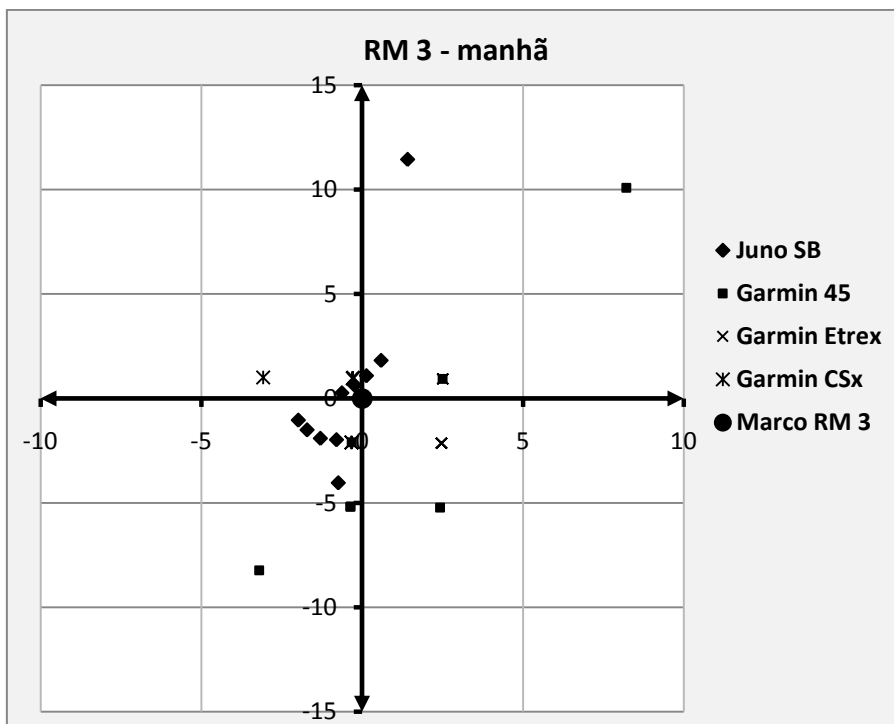


FIGURA 6 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS UTM DO MARCO RM3, NO PERÍODO MATUTINO DIA 13/04/2011

FONTE: Autor (2011)

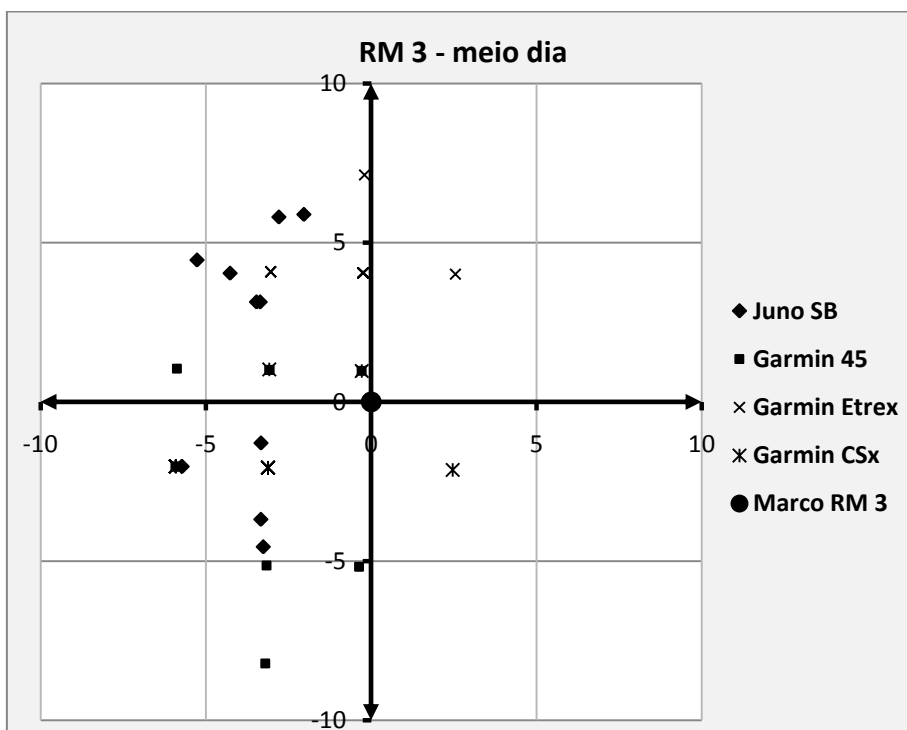


FIGURA 7 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RM3, NO PERÍODO DO MEIO-DIA DO DIA 13/04/2011

FONTE: Autor (2011)

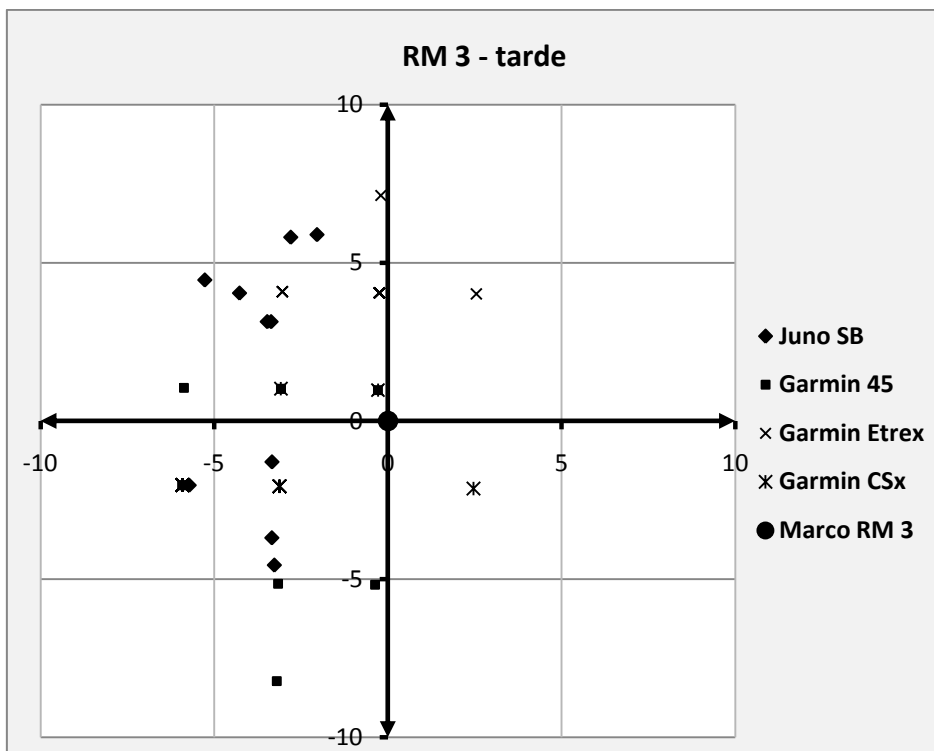


FIGURA 8 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RM3, NO PERÍODO VESPERTINO DO DIA 13/04/2011

FONTE: Autor (2011)

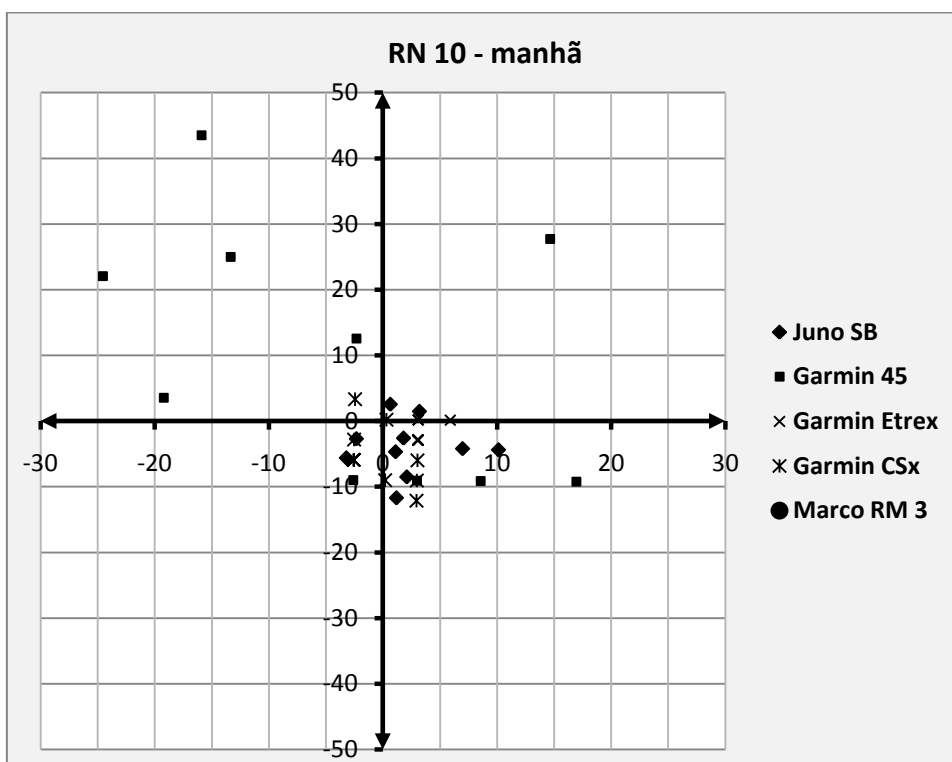


FIGURA 9 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 10, NO PERÍODO MATUTINO DO DIA 13/04/2011

FONTE: Autor (2011)

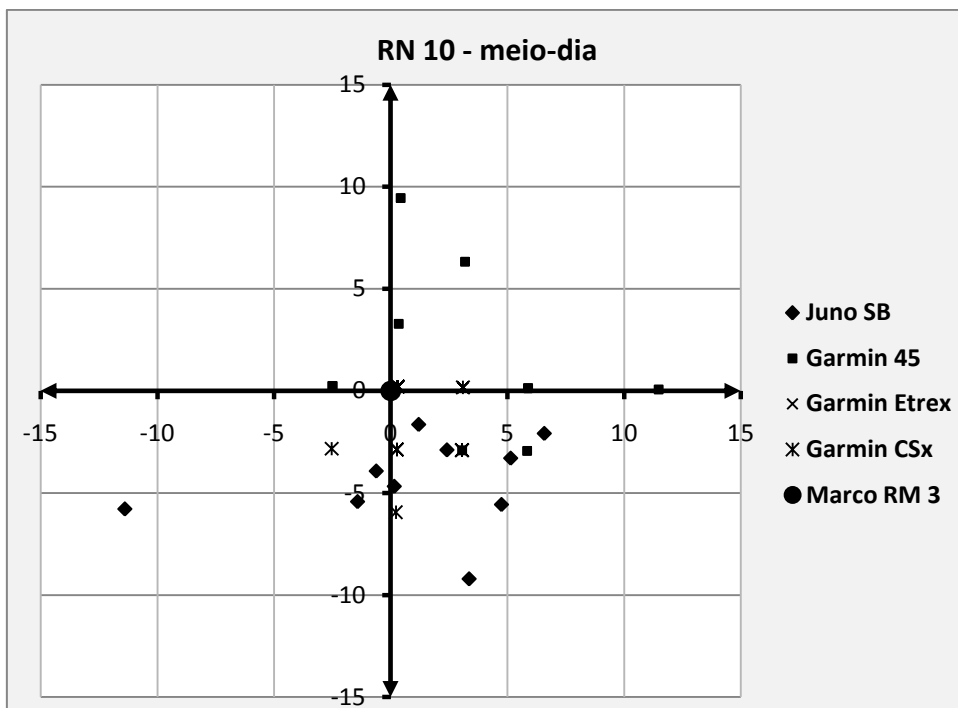


FIGURA 10 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 10, NO PERÍODO DO MEIO-DIA DO DIA 13/04/2011

FONTE: Autor (2011)

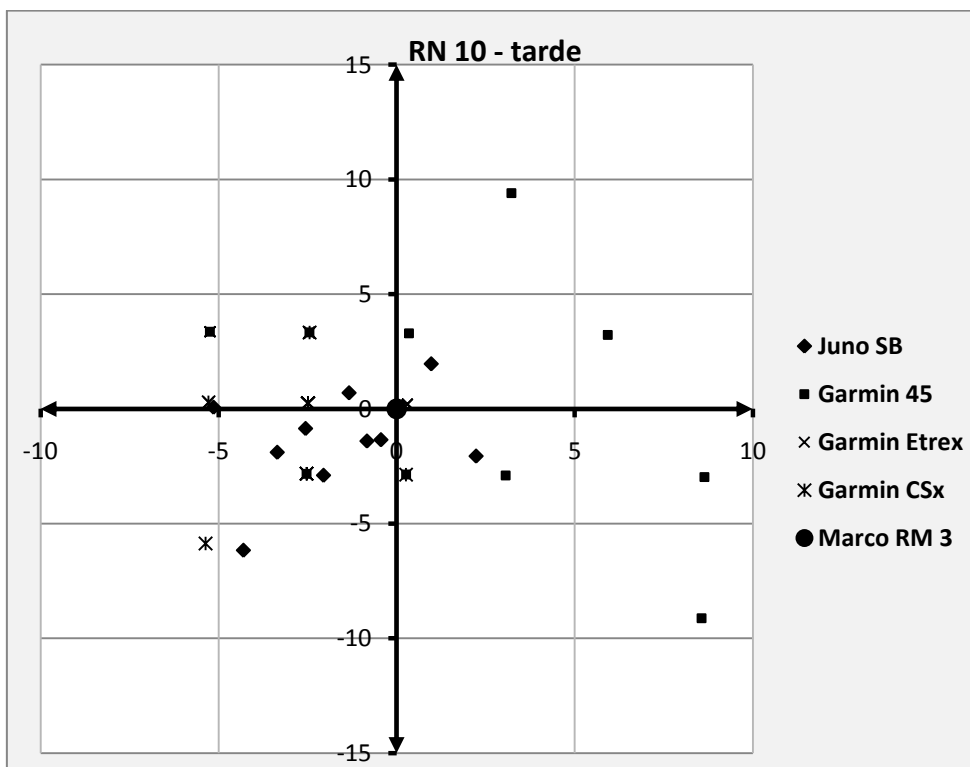


FIGURA 11 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 10, NO PERÍODO VESPERTINO DO DIA 13/04/2011

FONTE: Autor (2011)

As FIGURAS 12, 13 e 14 apresentam graficamente os erros Norte e Este cometidos pelos receptores GPS de navegação sobre o Marco RN 14, no período matutino, meio-dia e vespertino, respectivamente. Este marco possui obstruções com vegetação no seu entorno (FIGURA 5), acarretando em uma maior dispersão dos pontos rastreados, conforme já verificado para o Marco RN 10. Isto fortalece o fato de que a vegetação influencia na recepção dos sinais dos satélites. De acordo com a TABELA 2 o número de satélites disponíveis foi baixo, chegando no período matutino ao limite mínimo de 4 satélites, este equipamento propiciou coordenadas planimétricas absolutas que conduziram a erros significativos, ou seja, em alguns casos superiores ao indicado na seção 2.3.1, para o posicionamento planimétrico absoluto.

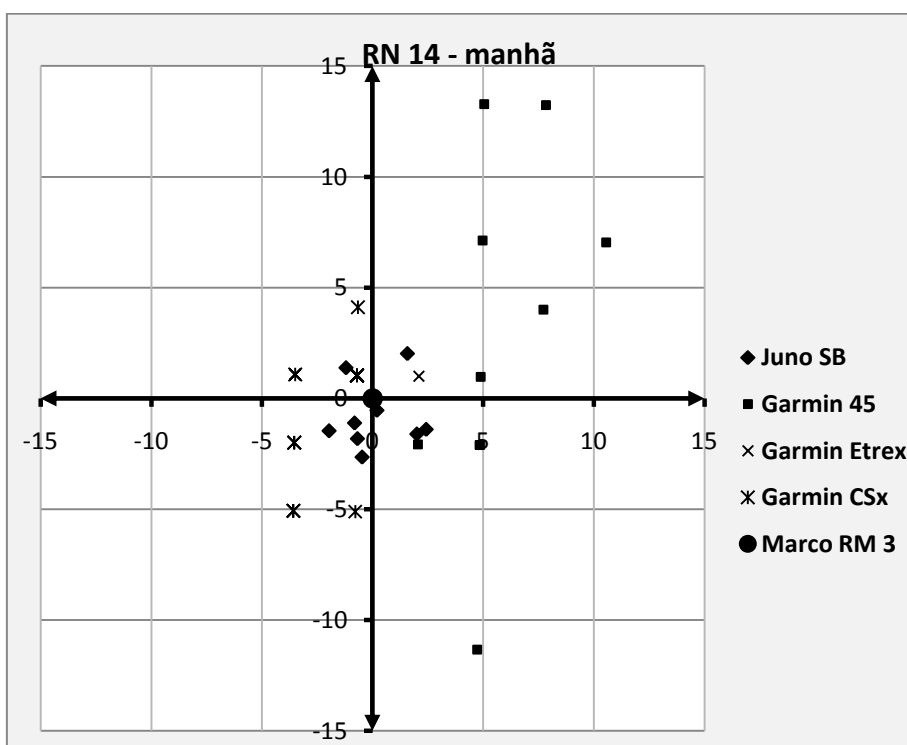


FIGURA 12 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 14, NO PERÍODO MATUTINO DO DIA 13/04/2011

FONTE: Autor (2011)

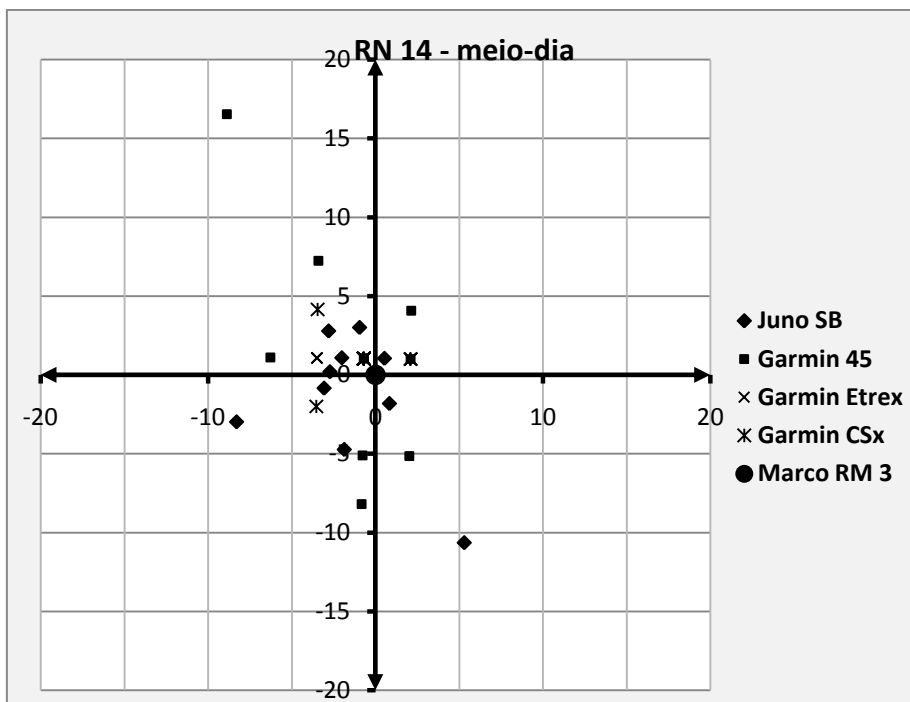


FIGURA 13 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 14, NO PERÍODO DO MEIO-DIA DO DIA 13/04/2011  
 FONTE: Autor (2011)

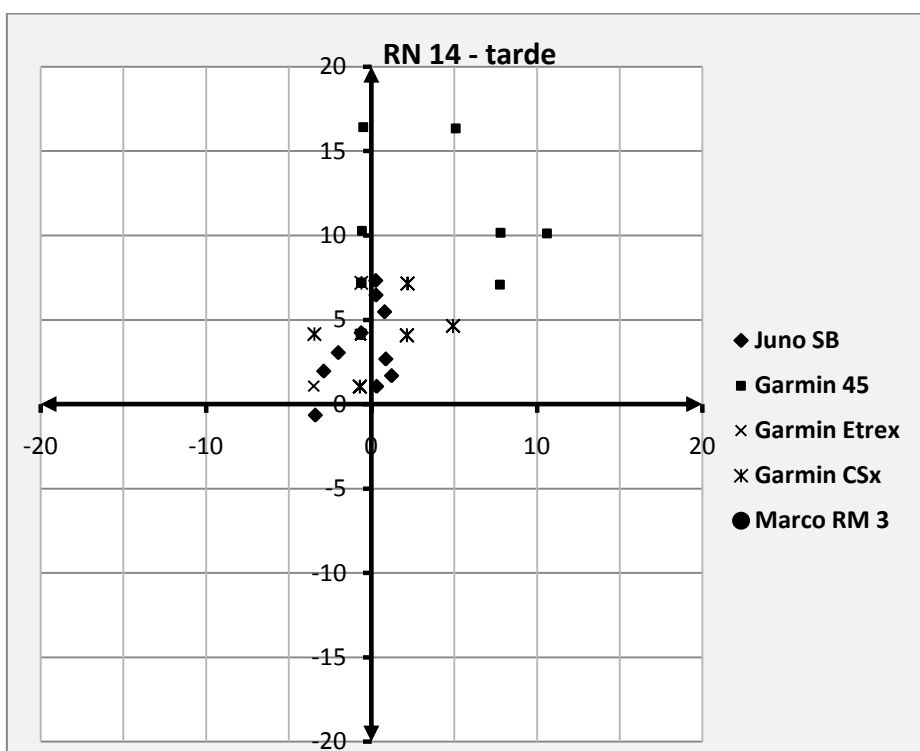


FIGURA 14 – ERRO (m) NORTE E ESTE, COMETIDOS COM RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO MARCO RN 14, NO PERÍODO VESPERTINO DO DIA 13/04/2011  
 FONTE: Autor (2011)

Na TABELA 2 estão apresentados o número de satélites disponíveis no instante de cada ocupação por cada receptor GPS. O receptor modelo Juno ainda possibilitou o valor do PDOP (*Position Dilution Of precision*). Observa-se que o PDOP foi baixo, ou seja, inferior ao indicado na literatura que é de 6 a 7 (KRUEGER, 2004) independente do horário do rastreamento. Nos Marcos RN 10 e RN 14, que tiveram obstruções significativas, as quais podem ser observadas na FIGURA 5, o valor do PDOP foi superior ao do Marco RM3, havendo uma redução no número de satélites disponíveis em alguns casos. No Marco RN 14 o número de satélites disponíveis chegou ao limite mínimo necessário para a determinação das coordenadas geodésicas tridimensionais com o receptor Garmin 45.

**TABELA 2** – GEOMETRIA E DISPONIBILIDADE SATÉLITES OBSERVADOS DURANTE OS RASTREIO NUM POSICIONAMENTO ABSOLUTO REALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, NO DIA 13 DE ABRIL DE 2001.

Receptor GPS	Hora do rastreamento	Marco RM3		Marco RN 10		Marco RN 14	
		PDOP	Nº satélites	PDOP	Nº satélites	PDOP	Nº satélites
Juno SB	8	1,44	9	1,80	9	2,16	6
	12	1,80	8	2,18	9	1,80	8
	16	1,80	8	1,80	7	2,52	6
Garmin 45	8	-	7	-	8	-	4
	12	-	8	-	5	-	5
	16	-	7	-	6	-	4
Garmin Etrex	8	-	10	-	11	-	11
	12	-	9	-	8	-	10
	16	-	10	-	11	-	9
Garmin 60 CSx	8	-	11	-	10	-	11
	12	-	10	-	14	-	9
	16	-	11	-	9	-	10

FONTE: Autor (2011)

As TABELAS 3, 4 e 5 apresentam os valores dos erros planimétricos obtidos para os receptores GPS de navegação quando comparadas com as coordenadas planimétricas precisas dos Marcos que estão indicadas na TABELA 1; as médias e o desvios padrão. Estes valores foram calculados utilizando-se a Equação 2 (seção 4.7). As TABELAS 6, 7 e 8 apresentam os valores dos erros tridimensionais das coordenadas rastreadas pelos receptores GPS de navegação utilizando-se a Equação 3 (seção 4.7). Nos Apêndices 1 a 12 estão os valores das coordenadas geodésicas (Latitude, Longitude e Altitude elipsoidal) rastreadas nos Marcos RM3, RN 10 e RN 14 pelos receptores GPS de navegação utilizados. Nos Apêndices 13 a



24 estão os valores das coordenadas geodésicas rastreadas transformadas em coordenadas plano-retangulares UTM através do software UTMGeovv (FIRKWOSKI, 2011).

Observa-se também, na TABELA 2, que o receptor Garmin 45 sempre apresentou o menor número de satélites disponíveis, independente do local de rastreio. Isto se deve a tecnologia do receptor, já que o mesmo só conta com oito canais. Este aspecto contribuiu para que o receptor apresentasse os maiores erros planimétricos e tridimensionais, conforme se percebe nas tabelas 3 a 8. Verificou-se que a dispersão das leituras também foram as maiores conduzindo a um desvio padrão maior e a uma menor precisão na determinação das coordenadas planimétricas geodésicas absolutas por este equipamento.

**TABELA 3 - ERRO PLANIMÉTRICO (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RM3, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Receptor	Rastreio	Repetições										Média	Desvio Padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Juno	8 h	0,678	11,532	1,916	1,099	2,131	0,689	4,105	2,310	2,281	2,245	2,899	3,193
	12 h	1,260	5,025	5,038	4,740	5,192	5,164	4,118	3,464	2,502	3,425	3,993	1,326
	16 h	4,682	4,981	5,608	3,579	6,072	6,903	5,881	4,599	6,446	6,233	5,498	1,018
Garmin 45 XL	8 h	13,013	2,674	2,129	8,823	5,193	5,752	5,193	5,193	5,193	5,193	5,836	3,096
	12 h	3,245	5,374	5,193	3,264	3,245	3,745	3,264	2,129	3,245	7,403	4,011	1,537
	16 h	1,016	6,039	3,245	6,255	8,823	5,970	6,255	5,193	3,245	3,245	4,928	2,233
Garmin Etrex	8 h	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	3,264	2,674	3,264	3,264	2,674	2,022	1,082
	12 h	2,674	2,674	1,016	1,016	3,264	2,674	3,264	3,264	3,264	3,264	2,637	0,896
	16 h	4,753	7,131	4,059	4,059	1,016	4,059	4,059	4,059	5,096	5,096	4,338	1,511
Garmin 60 CSx	8 h	3,245	1,016	1,016	1,016	1,016	2,129	1,016	1,016	2,129	1,016	1,461	0,779
	12 h	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	3,745	3,745	2,129	2,129	2,452	0,682
	16 h	1,016	3,264	3,745	3,745	3,745	6,255	6,255	6,255	6,255	3,247	4,380	1,799

FONTE: Autor (2011)

Na TABELA 3 percebe-se que todos os erros planimétricos cometidos para o RM3 foram inferiores a 15 metros e para o RN10 (TABELA 4) verifica-se que um dos erros planimétricos obtido com o receptor Garmin 45 é superior aos 15 metros. Analisando-se as tabelas (TABELAS 3 a 5) constata-se que para os Marcos RN10 e RN14 os erros com o receptor Garmin 45 são mais altos que os obtidos com os demais receptores empregados nestes levantamentos. Estando este fato

diretamente ligado ao número de satélites rastreados (TABELA 2) e as obstruções existentes no entorno de cada um deles (FIGURA 5).

Mediante uma análise das TABELAS 6 a 8 percebe-se que para o Marco RM3 as menores médias associadas com os desvios padrão foram obtidas com o emprego do Garmin Etrex nos três períodos observados. As menores médias e desvios padrão foram observados para o período matutino para os receptores Garmin Etrex e Garmin 60 CSx. Para o Marco RN10 verifica-se que as menores médias associadas aos desvios padrão foram também obtidas para o período matutino exceto para o receptor Garmin 45XL. Mediante esta análise ainda se percebe que os melhores resultados foram alcançados com o receptor Garmin Etrex. Nas observações realizadas para o Marco RN14 verifica-se que o receptor Garmin 60 CSx forneceu os melhores resultados quando se analisa as médias associadas com os desvios padrão.

As TABELAS 9, 10 e 11 apresentam os valores de tendência, precisão e acurácia planimétrica encontrados no posicionamento absoluto dos Marcos RM3, RN 10 e RN 14. Os referidos valores foram calculados a partir da média e desvio padrão amostrais apresentados nas TABELAS 3 a 5, utilizando-se as Equações 7 e 8 (seção 4.8.4). Nas TABELAS 12, 13 e 14 são apresentados os valores da tendência, precisão e acurácia tridimensional para os marcos RM#, RN 10 e RN 14, respectivamente.

**TABELA 4 - ERRO PLANIMÉTRICO (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 10, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Receptor	Rastreio	Repetições										Média	Desvio Padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Juno	8 h	11,031	8,136	3,145	11,738	6,446	3,552	8,743	4,790	3,529	2,655	6,376	3,366
	12 h	9,809	6,909	12,786	6,112	7,322	3,979	5,611	4,682	3,767	2,037	6,301	3,143
	16 h	2,183	1,510	3,034	1,420	3,856	7,517	3,553	1,635	5,149	2,703	3,256	1,907
Garmin 45 XL	8 h	74,806	9,355	12,771	46,321	9,532	19,538	12,515	19,298	28,347	53,968	28,645	22,372
	12 h	11,476	9,453	7,082	4,213	6,545	2,504	5,891	3,307	5,891	2,504	5,886	2,947
	16 h	9,941	12,515	9,140	4,213	6,745	4,132	2,877	6,231	3,307	3,797	6,290	3,269
Garmin Etrex	8 h	4,213	4,213	4,213	4,213	4,213	4,213	4,213	3,100	3,100	5,891	4,158	0,765
	12 h	0,368	3,100	0,368	0,368	3,100	3,100	4,213	0,368	0,368	4,213	1,957	1,723
	16 h	4,132	4,132	5,294	6,231	6,231	4,132	0,368	0,368	2,504	4,132	3,752	2,100
Garmin 60 CSx	8 h	3,797	6,442	6,442	6,442	4,132	9,021	12,482	0,368	6,696	9,532	6,535	3,365
	12 h	0,368	4,213	0,368	0,368	4,213	3,797	5,946	2,877	3,100	2,877	2,813	1,907
	16 h	2,504	7,952	3,797	3,797	2,504	2,504	5,294	2,504	2,877	4,132	3,790	1,737

FONTE: Autor (2011)

**TABELA 5 - ERRO PLANIMÉTRICO (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 14, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Receptor	Rastreio	Repetições										Média	Desvio Padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Juno	8 h	2,797	2,697	1,379	1,835	0,576	1,947	2,567	0,176	2,453	2,564	1,899	0,921
	12 h	3,162	11,883	1,179	8,814	1,989	2,292	3,957	5,085	3,188	2,735	4,428	3,375
	16 h	3,665	6,480	5,538	1,100	2,815	7,341	4,287	2,077	3,470	3,501	4,027	1,941
Garmin 45 XL	8 h	4,978	8,680	5,282	14,201	8,696	12,688	5,282	2,915	15,385	12,284	9,039	4,387
	12 h	1,257	6,389	5,173	8,232	7,998	1,257	5,528	18,770	2,319	4,603	6,153	5,092
	16 h	14,652	7,222	10,505	16,433	12,808	4,171	10,287	7,222	17,124	7,222	10,765	4,388
Garmin Etrex	8 h	1,257	1,257	1,257	3,660	3,660	3,660	1,257	1,257	2,319	1,257	2,084	1,136
	12 h	1,257	3,660	1,257	1,257	1,257	1,257	1,257	3,660	2,319	1,257	1,844	1,013
	16 h	3,660	4,171	5,405	4,171	4,171	4,171	4,171	1,257	1,257	1,257	3,369	1,521
Garmin 60 CSx	8 h	4,064	5,173	6,211	4,064	3,660	1,257	1,257	1,257	4,171	6,211	3,732	1,920
	12 h	1,257	1,257	1,257	1,257	2,319	4,064	5,405	1,257	1,257	2,319	2,165	1,457
	16 h	6,768	6,768	5,405	7,479	7,222	7,479	4,603	4,603	1,257	1,257	5,280	2,385

FONTE: Autor (2011)

**TABELA 6 - ERRO TRIDIMENSIONAL (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RM3, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Receptor	Rastreio	Repetições										Média	Desvio Padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Juno	8 h	10,729	15,922	16,728	9,005	10,604	7,261	9,008	6,418	3,541	3,761	9,298	4,463
	12 h	12,114	16,036	7,941	7,930	9,030	8,989	10,334	6,347	5,112	7,773	9,161	3,103
	16 h	16,765	17,033	15,015	11,480	17,205	6,928	6,487	6,029	6,458	6,490	10,989	5,023
Garmin 45 XL	8 h	25,232	23,769	24,710	29,947	31,055	22,370	25,160	33,029	23,207	35,995	27,447	4,695
	12 h	16,932	23,248	20,294	19,888	16,932	17,035	17,918	15,762	20,872	17,284	18,616	2,346
	16 h	24,639	20,526	16,932	23,467	25,212	23,393	23,467	16,459	17,914	13,028	20,504	4,175
Garmin Etrex	8 h	1,911	3,758	3,758	2,808	1,189	4,184	3,125	3,322	3,643	3,125	3,082	0,915
	12 h	3,742	4,499	3,758	2,808	4,872	3,742	4,872	4,184	4,872	4,872	4,222	0,703
	16 h	9,842	11,973	9,526	8,632	7,685	6,931	4,369	4,105	5,110	5,110	7,328	2,66
Garmin 60 CSx	8 h	4,687	1,715	1,715	1,189	1,189	2,674	1,911	1,911	2,674	1,911	2,157	1,021
	12 h	6,952	6,952	6,952	6,952	7,910	6,952	7,604	8,489	6,952	7,910	7,362	0,571
	16 h	13,656	14,004	14,124	15,090	15,090	15,900	16,824	16,824	16,824	15,952	15,429	1,222

FONTE: Autor (2011)

**TABELA 7 - ERRO TRIDIMENSIONAL (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO DO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 10, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Receptor	Rastreo	Repetições										Média	Desvio Padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Juno	8 h	12,362	8,137	5,539	11,999	19,025	14,744	14,327	8,482	9,176	8,619	11,241	4,016
	12 h	17,990	16,760	35,204	10,657	14,842	10,124	17,400	10,654	10,025	4,507	14,816	8,314
	16 h	8,399	16,420	25,878	15,545	20,231	22,814	7,752	5,384	15,529	11,152	14,910	6,771
Garmin 45 XL	8 h	82,837	30,072	24,221	50,687	28,237	26,283	19,984	20,337	28,553	54,022	36,523	20,048
	12 h	14,949	9,462	9,667	12,323	13,302	10,872	10,407	3,665	8,832	9,902	10,338	3,027
	16 h	11,400	22,402	23,436	23,953	19,766	7,770	5,274	8,364	3,357	18,964	14,469	8,036
Garmin Etrex	8 h	5,529	6,992	6,223	6,223	6,992	6,992	6,992	5,530	5,530	8,832	6,583	1,017
	12 h	3,599	8,189	6,590	7,589	7,274	6,383	8,672	7,589	9,587	10,465	7,594	1,894
	16 h	17,087	16,119	15,511	14,941	13,150	11,358	10,586	10,586	12,827	14,195	13,636	2,316
Garmin 60 CSx	8 h	5,827	6,596	6,455	6,455	4,423	9,039	12,496	0,687	6,721	9,549	6,825	3,149
	12 h	19,583	18,078	17,584	17,584	19,052	18,964	19,508	17,814	18,837	18,801	18,580	0,758
	16 h	10,872	13,235	11,241	11,241	10,872	10,872	11,830	10,872	10,964	10,433	11,243	0,789

FONTE: Autor (2011)

**TABELA 8 - ERRO TRIDIMENSIONAL (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 14, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Receptor	Rastreo	Repetições										Média	Desvio Padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Juno	8 h	22,197	8,765	6,987	10,984	2,712	10,758	18,866	15,071	14,854	8,430	11,962	5,83
	12 h	16,928	23,453	19,086	20,249	16,371	9,753	11,099	15,678	17,110	15,641	16,537	4,024
	16 h	13,863	17,040	9,092	3,365	4,399	14,136	7,912	9,383	15,796	10,021	10,501	4,639
Garmin 45 XL	8 h	36,224	14,713	28,376	20,569	21,699	21,925	23,482	24,057	19,438	26,854	23,734	5,819
	12 h	26,909	26,657	23,458	33,895	37,737	35,902	42,243	48,647	42,943	34,191	35,258	8,025
	16 h	42,486	31,713	18,215	16,540	14,195	12,591	30,658	26,869	37,962	23,993	25,522	10,225
Garmin Etrex	8 h	15,930	16,927	16,927	13,390	13,390	13,390	12,941	12,941	15,060	15,930	14,682	1,647
	12 h	12,941	13,390	11,946	12,941	13,937	14,933	15,930	18,251	22,003	21,916	15,819	3,699
	16 h	16,296	17,388	16,775	15,454	15,454	13,539	9,811	7,980	6,994	6,994	12,668	4,257
Garmin 60 CSx	8 h	12,556	12,957	13,406	12,556	12,431	11,946	11,946	11,946	13,539	14,299	12,758	0,789
	12 h	14,933	14,933	14,933	14,933	15,060	16,392	15,831	13,937	13,937	14,072	14,896	0,793
	16 h	11,976	11,976	12,149	12,392	12,238	13,203	12,741	11,814	11,946	11,946	12,238	0,435

FONTE: Autor (2011)

O receptor Garmin 60 conta com avanços tecnológicos importantes quando comparado com os outros três utilizados neste estudo: incorpora a bússola digital e altímetro eletrônico e utiliza o chip SIRF III (seção 4.3.4). Estas características são

importantes para aumentar a precisão na altitude elipsoidal. Esta precisão pode ser avaliada pelo desvio padrão da altitude elipsoidal apresentada na TABELA 9. Percebe-se que o receptor Garmin 60 apresentou o menor desvio padrão, indicando assim a melhor precisão na determinação da altitude elipsoidal, com exceção do rastreo matutino quando o receptor Garmin Etrex teve melhor desempenho.

TABELA 9 - DESVIO PADRÃO NA DETERMINAÇÃO DA ALTITUDE ELIPSOIDAL (m) OBTIDO PARA OS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO (JUNO, GARMIN 45, GARMIN ETREX E GARMIN 60) EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREAMENTO (8 h, 12 h E 16 h) DO DIA 13/04/2011 NOS MARCOS RM3, RN 10 E RN 14, LOCALIZADOS NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UFPR.

Desvio Padrão da altitude elipsoidal (m)												
Nº de Observa	Rastreo matutino				Rastreo ao meio-dia				Rastreo vespertino			
	Juno	Garmin 45	Garmin Etrex	Garmin 60	Juno	Garmin 45	Garmin Etrex	Garmin 60	Juno	Garmin 45	Garmin Etrex	Garmin 60
RM3	4,115	4,944	1,075	1,767	3,308	2,369	0,516	0,483	7,132	4,022	4,084	0,876
RN 10	7,793	14,576	0,85	1,687	7,82	4,11	1,776	0,675	6,735	9,803	2,171	0,316
RN 14	5,846	7,48	1,776	1,494	3,47	7,531	3,706	0,632	4,554	14,64	4,084	0,876

FONTE: Autor (2011)

TABELA 10 – TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA PLANIMÉTRICA DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RM3, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	Hora do rastreo	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia (m)
Juno	8	2,899	1,010	2,899 ± 1,010
	12	3,993	0,419	3,993 ± 0,419
	16	5,498	0,322	5,498 ± 0,322
Garmin 45 XL	8	5,836	0,979	5,836 ± 0,979
	12	4,011	0,486	4,011 ± 0,486
	16	4,928	0,706	4,928 ± ,0706
Garmin Etrex	8	2,022	0,342	2,022 ± 0,342
	12	2,637	0,283	2,637 ± 0,283
	16	4,338	0,478	4,338 ± 0,478
Garmin 60 CSx	8	1,461	0,246	1,461 ± 0,246
	12	2,452	0,216	2,452 ± 0,216
	16	4,378	0,569	4,378 ± 0,569

FONTE: Autor (2011)

O valor da tendência (TABELAS 10 a 12), representam o valor do afastamento das coordenadas planimétricas rastreadas, utilizando os receptores

GPS de navegação, com relação as coordenadas planimétricas precisas dos Marcos (TABELA 1). Consta-se que estes erros são inferiores aos valores encontrados por Divis (2000); Seeber (2003) e AFCS (2011) no método de posicionamento absoluto, com exceção do receptor Garmin 45 para o Marco RN 10. Conforme pode ser visto na TABELA 10, este apresentou um erro planimétrico médio de 22,205 m durante o período matutino de rastreamento, indicando precisão fora do limite indicado pelos fabricantes deste receptor. Estes resultados confirmam o que os fabricantes dos equipamentos informam nos manuais quanto a precisão e acurácia dos respectivos equipamentos, visto que os valores encontrados nos rastreamentos estão abaixo dos limites mínimos (seção 4.3).

Apesar de se constatar diferenças no desempenho dos receptores GPS de navegação, utilizados nesta pesquisa, não se pode afirmar que haja diferença estatística entre eles, visto que, a análise da variância não foi possível ser realizada em face da falta de homogeneidade das médias. No Marco RM3, que não possui obstruções significativas no seu entorno (FIGURA 4), os receptores Garmin Etrex e Garmin 60 CSx apresentaram os melhores desempenhos, ou seja, a maior acurácia (TABELA 10). Quanto ao melhor horário para ocupação destes marcos, pode-se afirmar com base nos resultados da TABELA 10, que foi o período matutino com exceção do receptor Garmin 45 que teve melhor desempenho no horário do meio-dia. Estes resultados discordam dos encontrados por Krueger, Huinca; Maia (2009) e Santos; Rodrigues; Souza (2005) com exceção para o receptor Garmin 45 que concordam.

No Marco RN 10, que apresentou obstrução significativa (FIGURA 5), os valores de tendência (erros), da precisão e da acurácia planimétrica foram superiores aos valores encontrados no Marco RM3; porém similares aos obtidos para o Marco RN 14. Este também apresenta obstrução significativa com presença, em grande parte, de vegetação (FIGURA 5). Como ocorreu no Marco RM3, os receptores Garmin Etrex e Garmin 60 CSx apresentaram os melhores desempenhos; mas, muito similares ao receptor Juno. Novamente o receptor Garmin 45 teve o pior desempenho (TABELAS 11 e 12).

Quanto ao desempenho tridimensional dos receptores empregados (seção 4.3) verifica-se, nas TABELAS 13 a 15, que os valores estão concordando com a literatura (seção 2.3), erro tridimensional menor que 25 m, com exceção do receptor

Garmin 45 que chegou a apresentar um erro (tendência) de 35,258 m, conforme TABELA 15.

**TABELA 11 – TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA PLANIMÉTRICA DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 10, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Receptor	Hora do rastreio	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia (m)
Juno	8	6,376	1,064	6,376 ± 1,064
	12	6,301	0,994	6,301 ± 0,994
	16	3,256	0,603	3,256 ± 0,603
Garmin 45	8	22,205	3,865	22,205 ± 3,865
	12	5,886	0,932	5,886 ± 0,932
	16	6,290	1,034	6,290 ± 1,034
Garmin Etrex	8	4,158	0,242	4,158 ± 0,242
	12	1,957	0,545	1,957 ± 0,545
	16	3,752	0,664	3,752 ± 0,664
Garmin 60 CSx	8	6,535	1,064	6,535 ± 1,064
	12	2,813	0,603	2,813 ± 0,603
	16	3,787	0,549	3,787 ± 0,549

FONTE: Autor (2011)

**TABELA 12 – TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA PLANIMÉTRICA DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO MARCO RN 14, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

Receptor	Hora do rastreio	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia (m)
Juno	8	1,899	0,291	1,899 ± 0,291
	12	4,428	1,067	4,428 ± 1,067
	16	4,027	0,614	4,027 ± 0,614
Garmin 45	8	9,039	1,387	9,039 ± 1,387
	12	6,153	1,610	6,153 ± 1,610
	16	10,765	1,388	10,765 ± 1,388
Garmin Etrex	8	2,084	0,359	2,084 ± 0,359
	12	1,844	0,320	1,844 ± 0,320
	16	3,369	0,481	3,369 ± 0,481
Garmin 60 CSx	8	3,732	0,607	3,732 ± 0,607
	12	2,165	0,461	2,165 ± 0,461
	16	5,284	0,754	5,284 ± 0,754

FONTE: Autor (2011)

Nas TABELAS 13 a 15 percebe-se que no Marco RM3, sem obstruções, os melhores desempenhos foram encontrados quando comparado com os Marcos RN 10 e RN 14, com obstruções. Novamente o receptor Garmin 45 teve os maiores erros, e conseqüentemente a pior acurácia. O melhor horário de rastreo no Marco RM3, para os receptores analisados, foi o matutino com os receptores Garmin Etrex e Garmin 60 CSx. Para os receptores Juno e Garmin 45 foi o horário do meio-dia.

Buscando verificar se existem diferenças significativas entre os receptores utilizados, bem como, entre os períodos de ocupação realizados (matutino, meio-dia e vespertino) aplicou-se o teste da homogeneidade das variâncias. Na TABELA 15 estão apresentados os principais valores da análise da variância (Tabela ANOVA) para o erro planimétrico. No Apêndice 25 é apresentado o resultado completo da análise utilizando-se o Software Estatístico SASNES.

Depreende-se da análise da TABELA 16 que o erro planimétrico não apresentou homogeneidade nas variâncias porque o valor do F calculado ( $F = 2,184$ ) foi menor que o F tabelado ( $F = 2,62$ ) para um grau de significância  $\leq 0,05$ . Silva Jr. *et al.* (2009) também não encontraram homogeneidade das variâncias para o erro planimétrico. Diante disto aplicou-se o Teste Não Paramétrico Kruskal-Wallis

**TABELA 13** – TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RM3**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	Hora do rastreo	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia (m)
Juno SB	8	9,298	1,411	9,298 ± 1,411
	12	9,161	0,981	9,161 ± 0,981
	16	10,989	1,588	10,989 ± 1,588
Garmin 45 XL	8	27,447	1,485	27,447 ± 1,485
	12	18,616	0,742	18,616 ± 0,742
	16	20,504	1,320	20,504 ± 1,320
Garmin Etrex	8	3,082	0,289	3,082 ± 0,289
	12	4,222	0,222	4,220 ± 0,222
	16	7,328	0,841	7,328 ± 0,841
Garmin 60 CSx	8	2,157	0,323	2,157 ± 0,323
	12	7,362	0,181	7,362 ± 0,181
	16	15,429	0,386	15,429 ± 0,386

FONTE: Autor (2011)



TABELA 14 – TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA **TRIDIMENSIONAL** DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	Hora do rastreio	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia (m)
Juno SB	8	11,241	1,270	11,241 ± 1,270
	12	14,816	2,629	14,816 ± 2,629
	16	14,910	2,141	14,910 ± 2,141
Garmin 45 XL	8	30,836	3,355	30,836 ± 3,355
	12	10,338	0,957	10,338 ± 0,957
	16	14,469	2,541	14,469 ± 2,541
Garmin Etrex	8	6,583	0,322	6,583 ± 0,322
	12	7,594	0,599	7,594 ± 0,599
	16	13,636	0,732	13,636 ± 0,732
Garmin 60 CSx	8	6,825	0,996	6,825 ± 0,996
	12	18,580	0,240	18,580 ± 0,240
	16	11,243	0,250	11,243 ± 0,250

FONTE: Autor (2011)

TABELA 15 – TENDÊNCIA, PRECISÃO E ACURÁCIA **TRIDIMENSIONAL** DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO, MÉDIA DE 10 (DEZ) REPETIÇÕES, EM FUNÇÃO DA HORA DO RASTREAMENTO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 14**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	Hora do rastreio	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia (m)
Juno SB	8	11,962	1,844	11,962 ± 1,844
	12	16,537	1,273	16,537 ± 1,273
	16	10,501	1,467	10,501 ± 1,467
Garmin 45 XL	8	23,734	1,840	23,734 ± 1,840
	12	35,258	2,538	35,258 ± 2,538
	16	25,522	3,233	25,522 ± 3,233
Garmin Etrex	8	14,682	0,521	14,682 ± 0,521
	12	15,819	1,170	15,819 ± 1,170
	16	12,668	1,346	12,668 ± 1,346
Garmin 60 CSx	8	12,758	0,250	12,758 ± 0,250
	12	14,896	0,251	14,896 ± 0,251
	16	12,238	0,138	12,238 ± 0,138

FONTE: Autor (2011)

TABELA 16 – ANÁLISE DA VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O ERRO PLANIMÉTRICO DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Razão F	p
Entre grupos *	11	361,477	32,862	2,184	0,0531 <sup>ns</sup>
Dentro dos grupos**	24	361,068	15,045		
Total	35	722,545			
Coeficiente de variação: 78,01%		Probabilidade calculada = 0,00 %			

FONTE: Autor (2011)

\* A variação entre grupos é atribuída a efeitos de tratamentos

\*\* A variação dentro dos grupos é considerada um erro experimental

(KRUSKAL; WALLIS, 1952), visando verificar a existência de diferença estatística entre médias dos tratamentos (receptores e horários de rastreamento). No Apêndice 26 são apresentados os resultados do teste que apresentou diferença significativa entre os tratamentos nos três marcos (RM3, RN 10 e RN14). Diante destes resultados aplicou-se o Teste Tukey com  $\alpha = 5\%$  para comparação entre média dos tratamentos, usando a ANOVA. Os resultados estão resumidos na TABELA 17. Verifica-se que o receptor Garmin 45 apresentou erro planimétrico superior aos demais e os receptores Gamin Etrex e Garmin 60, os menores erros. Ou seja, o receptor Garmin 45 teve um desempenho inferior aos demais receptores usados nestes experimentos.

Na TABELA 18 esta apresentada a análise da variância para verificar a homogeneidade das variâncias para o erro tridimensional. Como o valor do F calculado ( $F = 3,633$ ) é maior que o F tabelado ( $F = 2,62$ ), ao nível de probabilidade de 5%, pode-se concluir que as variâncias são homogêneas. Visando detectar quais fatores do experimento têm variância significativa aplicou-se a ANOVA para o erro tridimensional na TABELA 19. Esta indicou que o fator horário de rastreamento e a interação entre receptor e horário não foi significativa. Já para o fator receptor foi significativa ao nível de 1% de probabilidade, visto que o F calculado ( $F = 10,915$ ) é maior que o F tabelado ( $F = 3,01$ ). Diante desta constatação pode-se aplicar o Teste Tukey (TABELA 20) ao nível de 5% para comparação entre as médias dos erros tridimensionais entre receptores. Constata-se que o equipamento Garmin 45 apresentou um erro tridimensional superior aos demais receptores. O melhor desempenho foi alcançado pelo receptor Garmin Etrex; porém, sem apresentar diferença estatística com o desempenho do receptor Garmin 60 CSx e o Juno SB.

TABELA 17 – RESULTADOS PARA O TESTE TUKEY DE COMPARAÇÃO ENTRE MÉDIAS QUANTO AO ERRO PLANIMÉTRICO DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO

Receptor GPS de Navegação	Média do erro planimétrico (m)
Garmin Etrex	2,907 A
Garmin 60 CSx	3,623 A
Juno SB	4,298 AB
Garmin 45 XL	9,061 B

FONTE: Autor (2011)

Obs.: Média seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 18 – ANÁLISE DA VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O ERRO TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Razão F	Prob
Entre receptores	11	1351,797	122,891	3,633	0,0040*
Entre de horários	24	811,742	33,823		
Total	35	2163,539	-		

Coeficiente de variação = 41,14%      probabilidade calculada = 38,77%

FONTE: Autor (2011)

TABELA 19 – ANÁLISE DA VARIÂNCIA (ANOVA) PARA INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES RESPONSÁVEIS PELO ERRO TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Razão F	Prob
Receptor	3	1107,507	369,169	10,915	0,0001
Horário	2	1,992	0,996	0,0295	-
Interação Receptor/Horário	6	242,298	40,383	1,194	0,3430
Erro	24	811,742	33,823	-	
Total	35	2163,539	-	-	

Coeficiente de variação = 41,14%

FONTE: Autor (2011)

TABELA 20 – RESULTADOS PARA O TESTE TUKEY DE COMPARAÇÃO ENTRE MÉDIAS QUANTO AO ERRO TRIDIMENSIONAL DOS RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO

Receptor GPS de Navegação	Média do erro planimétrico (m)
Garmin Etrex	9,513 A
Garmin 60 CSx	11,28 A
Juno SB	12,16 A
Garmin 45 XL	23,60 B

FONTE: Autor (2011)

Obs.: Média seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos em função da metodologia empregada e dos dados coletados, conclui-se que:

- O receptor GPS de navegação Garmin 45 mostrou um desempenho significativamente inferior aos demais receptores aplicados neste estudo, como: JUNO SB, Garmin Etrex Vista e Garmin 60 CSx;
- O melhor desempenho foi alcançado pelo receptor Garmin Etrex; porém, sem apresentar diferença estatística com o desempenho do receptor Garmin 60 CSx e o Juno SB;
- Os erros planimétrico e tridimensional cometidos pelos receptores GPS de navegação, utilizados neste experimento, foram menores que as especificações técnicas dos fabricantes, com exceção do receptor Garmin 45;
- Não houve diferenças significativas na acurácia e precisão das coordenadas geodésicas, ao longo do dia, entre os diferentes receptores GPS de navegação utilizados mediante os resultados alcançados de acordo com o teste da homogeneidade das variâncias. Contudo percebe-se que para os receptores Garmin Etrex Vista e Garmin 60 CSx para os marcos RM3 e RN10 as melhores acurácias ocorreram no período matutino.
- As obstruções presentes neste estudo não afetaram significativamente a determinação das coordenadas geodésicas pelo método de Posicionamento Absoluto de acordo com o teste de Kruskal-Wallis. Percebe-se que os valores das acurácias para os marcos RN 10 e RN 14 são mais elevadas do que as obtidas para a RM3.
- Não podem ser utilizados receptores GPS de navegação para levantamentos geodésicos ou mesmo para levantamentos em que a norma exige precisão sub-métrica, como georreferenciamento de imóveis rurais.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Após a conclusão deste trabalho recomenda-se que nos próximos trabalhos que objetivarem estudar o desempenho dos receptores GPS de navegação no Posicionamento Absoluto, deve-se dimensionar, a priori, o tamanho da amostra (ou seja, tempo de rastreamento). Esta recomendação justifica-se visando diminuir a dispersão dos valores das coordenadas e, conseqüentemente, aumentar a precisão. Pode-se também com este procedimento realizar o rastreo com uma geometria dos satélites mais favorável.

## 8 REFERÊNCIAS

Air Force Space Command (AFCS). Disponível em: <<https://gps.afspc.af.mil/gps>>. Acesso em: 09/04/2011.

ANGULO FILHO, R.; VETTORAZZI, C.A.; SARRIES, G.A. Avaliação da exatidão de posicionamento planimétrico de um receptor GPS operando sob diferentes condições de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.6, n.2, p.325-331, 2002.

BUENO, R. F. Coluna de Agrimensura. **Revista Info**, Rio de Janeiro, v. n. , p. 5, jan./fev. 2004.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Métodos Quantitativos – Estatística Básica**. São Paulo: Editora Atual, 1987. 321 p.

CAMARGO, P. O.; FLORENTINO, C.; REDIVO, I. A. C. Posicionamento relativo cinemático com Receptores de Navegação Garmin 12 XL In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2004. 1 CD-ROM.

CAMARGO, P. O.; REDIVO, I. A. C.; FLORENTINO, C. Posicionamento com Receptores GPS de Navegação In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2003. 1. CD-ROM.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não-paramétrica**. 3.ed.Piracicaba, ESALQ-USP, 1979. 343 p.

COELHO, A.C.C. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração: Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

CORDINI, J., PHILIPS J. Teoria dos erros de observação. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil – Area: Cadastro Técnico Multifinalitário – Disciplina: ECV 4170. < [www.topografia.ufsc.br](http://www.topografia.ufsc.br) > Acesso em: 15/04/2011.

DIVIS, D.A. AS: Going the way of the dinosaur. **GPS World**. Washington, v.11, n.6, p.16-19, jun. 2000.

FAGGION, P.L. **Fundamentos de topografia**. Curitiba: Curso de Especialização em Geotecnologias, 2004. (Apostila).

FENSTERSEIFER, S.L.B. Erros absolutos obtidos em GPS de baixa precisão antes e após intervenção no sinal e durante conflito militar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 22, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2005a. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Minimização localizada do erro de posicionamento absoluto em GPS de baixa precisão sem pósprocessamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 22, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2005b. 1 CD-ROM.

FIRKOWSKI, H. **Aplicativo UTMGeovv.exe**. disponível em:  
<<http://people.ufpr.br/~firk/pessoal/programas/index.html>> Acesso em: 14/04/2011.

FLORENTINO, C.; CAMARGO, P.O. Avaliação da qualidade do posicionamento relativo estático com receptor GPS de navegação. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 4, 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciências Geodésicas, 2005. 1 CD-ROM.

FLORENTINO, C.; CAMARGO, P.O.; PEREIRA, A.A.; GUIMARÃES, G.N. Cálculo de áreas a partir de coordenadas obtidas do posicionamento relativo com receptor GPS de navegação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 22, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2005. 1 CD-ROM.

FREIBERGER, J. **Estudo comparativo entre a determinação de áreas por diferentes métodos geodésicos**. 69 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento e Cadastro Multifinalitário Urbano e Rural) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações**: aplicações geodésicas. Curitiba: Editora UFPR, 1994. 319 p. (Reimpressão 2004).

GONÇALVES, R.M.; SANHUEZA, J.A.F.; TANAJURA, E.L.X.; LEANDRO, D. Avaliação na precisão de receptores GPS para o posicionamento absoluto In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 23, 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2007. p. 204-209.



INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Normas técnicas para georreferenciamento de imóveis rurais**. 2 ed. Brasília, INCRA/MDA, 2010. 86 p.

KRUEGER, C.P.; HUINCA, S.C.M.; MAIA, O.C. Método de posicionamento absoluto, qual precisão pode ser obtida atualmente? Disponível em: <<http://www.lage.ufpr.br/publica/2010/METODO%20DE%20POSICIONAMENTO%20ABSOLUTO.doc>>. Acesso em: 25/05/2011.

\_\_\_\_\_. **Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho**. 267p. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná. 1996.

\_\_\_\_\_. **Levantamentos com GPS**. Curitiba: Curso de Especialização em Geotecnologias, 2004. (Apostila)

\_\_\_\_\_. **Métodos de Posicionamento por Satélites**. Curitiba: Curso de Georreferenciamento de Imóveis Rurais – Modalidade de Aperfeiçoamento em EAD (Ensino a Distância), 2005. (Apostila)

\_\_\_\_\_; TRANCHES Jr., S. Verificação da possibilidade em realizar georreferenciamento de imóveis rurais através da observação da onda portadora L1 coletadas por meio de receptores GPS de navegação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2006. 1 CD-ROM.

KRUSKAL, W. H., WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Am. Stat. Assoc.**, v.47, n.260, p.583-621, 1952.

LAGE. Laboratório de Geodésia Espacial. Marcos excêntricos. Disponível em: <<http://www.lage.ufpr.br/>>. Acesso em: 15/04/2011.

LEICK, A. **GPS Satellite surveying**. 2. ed. New York: John Wiley, 1995. 560 p.

MAIA, O.C. **Análise da acurácia do método de posicionamento absoluto e suas aplicações na engenharia**. 63 f. Monografia (Projeto final do curso de Engenharia Cartográfica) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MIKHAIL, E.; ACKERMAN, F. **Observations and Least Squares**. New York: University Press of America, 1976. 497 p.

MONICO, J.F.G.; DALPÓZ, A.P.; GALO, M.; SANTOS, M.C. dos; OLIVEIRA, L.C de. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, n. 3, p. 469-483, jul/set, 2009.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS**: Descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora Unesp, 2000. 287 p.

OLIVEIRA, M.A.; MOREIRA, J.S.; GARCIA, P.A.A; SAUAIA, A.C.A Os melhores alunos serão os melhores gestores? Contribuições sobre a relação entre conhecimento teórico e desempenho gerencial num jogo de empresas. IN.: SEMEAD – empreendedorismo e inovação, 12, 2009. **Anais...** São Paulo:FEA/USP, 2009. Disponível em:

<[http://www.ead.fea.usp.br/semead/12semead/resultado/an\\_resumo.asp?cod\\_trabalho=858](http://www.ead.fea.usp.br/semead/12semead/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=858)>. Acesso em: 12/05/2011.

SANTOS, A. A., Avaliação de precisão de receptores GPS de navegação através da portadora L1 para fins de cadastro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2002. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_ ; FLOR, C.D.R.V; LINS, F.J.C.C.. Avaliação de Precisão de Receptores GPS de Navegação através da Portadora L1 para fins de cadastro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2002. 1 CD-ROM.

SANTOS, M.S.T.; RODRIGUES, D.D.; SOUZA, D.V. de. Análise estatística de coordenadas obtidas com receptores GPS de navegação In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 22, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2005. 1 CD-ROM.

SEEBER, G. **Satellite geodesy**. 2. ed. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003.

\_\_\_\_\_. **Satellite geodesy**: foundations, methods and applications. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1993. 531 p.

SILVA Jr., C.A. da; MEURER, I.; CARVALHO, L.A. de. Análise da precisão de Receptores GPS de navegação em planimetria territorial. **Agrarian**, v.2, n.5, p.21-31, jul./set. 2009.

SILVA, A.S.; FIGUEIREDO, G.C.; ROMÃO, V.M.C.; RODRIGUES, D.D. Configurações Gps Semelhantes não resultam em coordenadas iguais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 6., 2004. **Anais...** Florianópolis-SC, 2004. v. Digital.

SILVA, S.T. da. **Análise comparativa entre equipamentos eletrônicos (GPS) para levantamentos de dados topográficos.** 69 f. Monografia (Curso de Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

TEUNISSEN, P GPS Carrier Phase Ambiguity Fixing Concepts. In: KLEUSBERG, A.; TEUNISSEN, P. (ed). **GPS for Geodesy.** Berlin: Verlang, 1996. p.263-336.

TRAGUETA, N.L.; CARDOSO, L.G. Desempenho de receptores GPS de navegação no cálculo de área eperímetro segundo diferentes configurações. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n.1, p.105-120, 2009.

VISKI, A.R.; HUINCA, S.C.M.; KRUEGER, C.P.; LEANDRO, D. Resultados preliminares alcançados com AEM-LAGE na BCAL/UFPR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3, 2010, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2010.

## APÊNDICES

APÊNDICE 1 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **JUNO SB** DA TRIMBLE, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RM3**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>JUNO SB</b>		
Identificação do marco			RM3
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	1,8
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,589"	49°13'52,202"	939,09
2	25°26'54,941"	49°13'52,256"	939,36
3	25°26'54,628"	49°13'52,231"	945,00
4	25°26'54,604"	49°13'52,215"	937,32
5	25°26'54,504"	49°13'52,183"	938,77
6	25°26'54,477"	49°13'52,188"	935,61
7	25°26'54,437"	49°13'52,186"	936,40
8	25°26'54,506"	49°13'52,165"	934,37
9	25°26'54,519"	49°13'52,150"	931,09
10	25°26'54,534"	49°13'52,140"	931,40
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	2,16
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,528"	49°13'52,204"	940,43
2	25°26'54,447"	49°13'52,331"	943,61
3	25°26'54,430"	49°13'52,307"	934,52
4	25°26'54,420"	49°13'52,256"	934,74
5	25°26'54,415"	49°13'52,288"	935,77
6	25°26'54,414"	49°13'52,283"	935,74
7	25°26'54,439"	49°13'52,248"	937,86
8	25°26'54,460"	49°13'52,244"	933,70
9	25°26'54,491"	49°13'52,238"	932,84
10	25°26'54,471"	49°13'52,270"	935,36
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	1,8
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,669"	49°13'52,085"	944,48
2	25°26'54,447"	49°13'52,093"	944,67
3	25°26'54,419"	49°13'52,096"	942,31
4	25°26'54,525"	49°13'52,092"	939,29
5	25°26'54,500"	49°13'52,007"	944,48
6	25°26'54,711"	49°13'52,020"	927,79
7	25°26'54,698"	49°13'52,056"	931,12
8	25°26'54,669"	49°13'52,089"	932,28
9	25°26'54,756"	49°13'52,108"	928,77
10	25°26'54,759"	49°13'52,135"	930,19

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 2 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 45 XL**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RM3**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 45 XL</b>		
Identificação do marco			RM3
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	7	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,9"	49°13'52,5"	950,00
2	25°26'54,6"	49°13'52,3"	952,00
3	25°26'54,5"	49°13'52,2"	953,00
4	25°26'54,3"	49°13'52,1"	957,00
5	25°26'54,4"	49°13'52,2"	959,00
6	25°26'54,4"	49°13'52,3"	950,00
7	25°26'54,4"	49°13'52,2"	953,00
8	25°26'54,4"	49°13'52,2"	961,00
9	25°26'54,4"	49°13'52,2"	951,00
10	25°26'54,4"	49°13'52,2"	964,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,6"	49°13'52,1"	945,00
2	25°26'54,6"	49°13'52,4"	951,00
3	25°26'54,4"	49°13'52,2"	948,00
4	25°26'54,5"	49°13'52,3"	948,00
5	25°26'54,6"	49°13'52,1"	945,00
6	25°26'54,5"	49°13'52,1"	945,00
7	25°26'54,5"	49°13'52,3"	946,00
8	25°26'54,5"	49°13'52,2"	944,00
9	25°26'54,6"	49°13'52,1"	949,00
10	25°26'54,4"	49°13'52,4"	944,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	7	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,6"	49°13'52,2"	953,00
2	25°26'54,4"	49°13'52,1"	948,00
3	25°26'54,6"	49°13'52,1"	945,00
4	25°26'54,5"	49°13'52,0"	951,00
5	25°26'54,3"	49°13'52,1"	952,00
6	25°26'54,6"	49°13'52,0"	951,00
7	25°26'54,5"	49°13'52,0"	951,00
8	25°26'54,4"	49°13'52,2"	944,00
9	25°26'54,6"	49°13'52,1"	946,00
10	25°26'54,6"	49°13'52,1"	941,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 3 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN ETREX**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RM3**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN ETREX</b>		
Identificação do marco			RM3
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,6"	49°13'52,2"	930,00
2	25°26'54,6"	49°13'52,2"	932,00
3	25°26'54,6"	49°13'52,2"	932,00
4	25°26'54,6"	49°13'52,2"	931,00
5	25°26'54,6"	49°13'52,2"	929,00
6	25°26'54,5"	49°13'52,3"	931,00
7	25°26'54,6"	49°13'52,3"	930,00
8	25°26'54,5"	49°13'52,3"	929,00
9	25°26'54,5"	49°13'52,2"	930,00
10	25°26'54,6"	49°13'52,3"	930,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,6"	49°13'52,3"	931,00
2	25°26'54,6"	49°13'52,3"	932,00
3	25°26'54,6"	49°13'52,2"	932,00
4	25°26'54,6"	49°13'52,2"	931,00
5	25°26'54,5"	49°13'52,3"	932,00
6	25°26'54,6"	49°13'52,3"	931,00
7	25°26'54,5"	49°13'52,3"	932,00
8	25°26'54,5"	49°13'52,3"	931,00
9	25°26'54,5"	49°13'52,3"	932,00
10	25°26'54,5"	49°13'52,3"	932,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,7"	49°13'52,3"	937,00
2	25°26'54,8"	49°13'52,2"	938,00
3	25°26'54,7"	49°13'52,2"	937,00
4	25°26'54,7"	49°13'52,2"	936,00
5	25°26'54,6"	49°13'52,2"	936,00
6	25°26'54,7"	49°13'52,2"	934,00
7	25°26'54,7"	49°13'52,2"	930,00
8	25°26'54,7"	49°13'52,2"	929,00
9	25°26'54,7"	49°13'52,1"	928,00
10	25°26'54,7"	49°13'52,1"	928,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 4 – Caderneta de campo com os valores das coordenadas geodésicas utilizando o receptor GPS de navegação modelo **Garmin 60 CSx**, em função da hora de rastreo, no dia 13/04/2011 no **Marco RM3**, localizado no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná

Receptor	<b>GARMIN 60 CSx</b>		
Identificação do marco			RM3
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,6"	49°13'52,1"	925,00
2	25°26'54,6"	49°13'52,2"	927,00
3	25°26'54,6"	49°13'52,2"	927,00
4	25°26'54,6"	49°13'52,2"	929,00
5	25°26'54,6"	49°13'52,2"	929,00
6	25°26'54,5"	49°13'52,2"	930,00
7	25°26'54,6"	49°13'52,2"	930,00
8	25°26'54,6"	49°13'52,2"	930,00
9	25°26'54,5"	49°13'52,2"	930,00
10	25°26'54,6"	49°13'52,2"	930,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,5"	49°13'52,2"	935,00
2	25°26'54,5"	49°13'52,2"	935,00
3	25°26'54,5"	49°13'52,2"	935,00
4	25°26'54,5"	49°13'52,2"	935,00
5	25°26'54,5"	49°13'52,2"	936,00
6	25°26'54,5"	49°13'52,2"	935,00
7	25°26'54,5"	49°13'52,1"	935,00
8	25°26'54,5"	49°13'52,2"	936,00
9	25°26'54,5"	49°13'52,2"	935,00
10	25°26'54,5"	49°13'52,2"	936,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'54,6"	49°13'52,2"	942,00
2	25°26'54,5"	49°13'52,3"	942,00
3	25°26'54,5"	49°13'52,1"	942,00
4	25°26'54,5"	49°13'52,1"	943,00
5	25°26'54,5"	49°13'52,1"	943,00
6	25°26'54,5"	49°13'52,0"	943,00
7	25°26'54,5"	49°13'52,0"	944,00
8	25°26'54,5"	49°13'52,0"	944,00
9	25°26'54,5"	49°13'52,0"	944,00
10	25°26'54,6"	49°13'52,1"	944,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 5 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **JUNO SB** DA TRIMBLE, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>JUNO SB</b>		
Identificação do marco			RN 10
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	1,8
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'57,852"	49°14'00,354"	906,84
2	25°26'57,860"	49°14'00,241"	912,30
3	25°26'57,910"	49°14'00,055"	907,86
4	25°26'57,614"	49°14'00,037"	914,91
5	25°26'57,810"	49°13'59,877"	930,32
6	25°26'57,905"	49°13'59,907"	926,73
7	25°26'57,718"	49°14'00,068"	923,77
8	25°26'57,842"	49°14'00,031"	919,42
9	25°26'57,043"	49°14'00,103"	920,89
10	25°26'57,077"	49°14'00,011"	920,62
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	2,16
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'57,695"	49°14'00,114"	927,50
2	25°26'57,928"	49°14'00,226"	927,69
3	25°26'57,800"	49°13'59,584"	945,22
4	25°26'57,888"	49°14'00,175"	921,15
5	25°26'57,814"	49°14'00,162"	925,33
6	25°26'57,865"	49°13'59,969"	921,73
7	25°26'57,816"	49°13'59,941"	928,89
8	25°26'57,841"	49°13'59,997"	921,99
9	25°26'57,900"	49°14'00,077"	921,71
10	25°26'57,940"	49°14'00,033"	916,44
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	7	PDOP	1,8
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'58,057"	49°14'00,023"	920,53
2	25°26'58,015"	49°13'59,941"	928,77
3	25°26'57,927"	49°14'00,070"	938,12
4	25°26'57,943"	49°13'59,974"	927,90
5	25°26'57,930"	49°13'59,870"	932,28
6	25°26'57,791"	49°13'59,838"	933,96
7	25°26'57,898"	49°13'59,917"	919,31
8	25°26'57,947"	49°13'59,960"	917,55
9	25°26'57,993"	49°13'59,805"	927,07
10	25°26'57,964"	49°13'59,898"	923,24

FONTE: Autor (2011)



APÊNDICE 6 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 45 XL**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 45</b>		
Identificação do marco	RN 10		
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'55,7"	49°13'52,1"	948,00
2	25°26'57,7"	49°13'59,9"	941,00
3	25°26'58,4"	49°13'59,9"	933,00
4	25°26'59,4"	49°13'59,4"	933,00
5	25°26'57,7"	49°14'00,1"	939,00
6	25°26'58,1"	49°13'59,3"	930,00
7	25°26'57,1"	49°14'00,3"	928,00
8	25°26'57,7"	49°14'00,6"	906,00
9	25°26'58,8"	49°13'59,5"	909,00
10	25°26'56,9"	49°14'01,5"	910,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	5	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'58,0"	49°14'00,4"	922,00
2	25°26'58,3"	49°14'00,0"	912,00
3	25°26'58,2"	49°14'00,1"	919,00
4	25°26'57,9"	49°14'00,1"	924,00
5	25°26'57,9"	49°14'00,2"	924,00
6	25°26'58,0"	49°13'59,9"	923,00
7	25°26'58,0"	49°14'00,2"	921,00
8	25°26'58,1"	49°14'00,0"	914,00
9	25°26'58,0"	49°14'00,2"	919,00
10	25°26'58,0"	49°13'59,9"	922,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	6	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'58,3"	49°14'00,1"	918,00
2	25°26'57,7"	49°14'00,3"	931,00
3	25°26'57,9"	49°14'00,3"	934,00
4	25°26'57,9"	49°14'00,1"	936,00
5	25°26'58,1"	49°14'00,2"	931,00
6	25°26'58,1"	49°13'59,9"	919,00
7	25°26'57,9"	49°14'00,0"	908,00
8	25°26'58,1"	49°13'59,8"	918,00
9	25°26'58,1"	49°14'00,0"	913,00
10	25°26'57,9"	49°13'59,9"	931,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 7 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN ETREX**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN ETREX</b>		
Identificação do marco			RN 10
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'57,9"	49°14'00,1"	916,00
2	25°26'57,9"	49°14'00,1"	918,00
3	25°26'57,9"	49°14'00,1"	917,00
4	25°26'57,9"	49°14'00,1"	917,00
5	25°26'57,9"	49°14'00,1"	918,00
6	25°26'57,9"	49°14'00,1"	918,00
7	25°26'57,9"	49°14'00,1"	918,00
8	25°26'58,0"	49°14'00,1"	917,00
9	25°26'58,0"	49°14'00,1"	917,00
10	25°26'58,0"	49°14'00,2"	919,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'58,0"	49°14'00,0"	916,00
2	25°26'58,0"	49°14'00,1"	920,00
3	25°26'58,0"	49°14'00,0"	919,00
4	25°26'58,0"	49°14'00,0"	920,00
5	25°26'58,0"	49°14'00,1"	919,00
6	25°26'58,0"	49°14'00,1"	918,00
7	25°26'57,9"	49°14'00,1"	920,00
8	25°26'58,0"	49°14'00,0"	920,00
9	25°26'58,0"	49°14'00,0"	922,00
10	25°26'57,9"	49°14'00,1"	922,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'58,1"	49°13'59,9"	929,00
2	25°26'58,1"	49°13'59,9"	928,00
3	25°26'58,0"	49°13'59,8"	927,00
4	25°26'58,1"	49°13'59,8"	926,00
5	25°26'58,1"	49°14'00,8"	924,00
6	25°26'58,1"	49°13'59,9"	923,00
7	25°26'58,0"	49°14'00,0"	923,00
8	25°26'58,0"	49°13'00,0"	923,00
9	25°26'58,0"	49°13'59,9"	925,00
10	25°26'58,1"	49°13'59,9"	926,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 8 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 60 CSX**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 60 CSx</b>		
Identificação do marco			RN 10
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'57,9"	49°13'59,9"	908,00
2	25°26'57,8"	49°13'59,9"	911,00
3	25°26'57,8"	49°13'59,9"	912,00
4	25°26'57,8"	49°13'59,9"	912,00
5	25°26'58,1"	49°13'59,9"	914,00
6	25°26'57,7"	49°14'00,0"	913,00
7	25°26'57,6"	49°14'00,1"	913,00
8	25°26'58,0"	49°14'00,0"	913,00
9	25°26'57,8"	49°14'00,1"	913,00
10	25°26'57,7"	49°14'00,1"	913,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	14	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'578,0"	49°14'00,0"	932,00
2	25°26'57,9"	49°14'00,1"	930,00
3	25°26'58,0"	49°14'00,0"	930,00
4	25°26'58,0"	49°14'00,0"	930,00
5	25°26'57,9"	49°14'00,1"	931,00
6	25°26'57,9"	49°13'59,9"	931,00
7	25°26'57,8"	49°14'00,0"	931,00
8	25°26'57,9"	49°14'00,0"	930,00
9	25°26'58,0	49°14'00,1"	931,00
10	25°26'57,9"	49°14'00,0"	931,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'58,0"	49°13'59,9"	923,00
2	25°26'57,8"	49°13'59,8"	923,00
3	25°26'57,9"	49°13'59,9"	923,00
4	25°26'57,9"	49°13'59,9"	923,00
5	25°26'58,0"	49°13'59,9"	923,00
6	25°26'58,0"	49°13'59,9"	923,00
7	25°26'58,0"	49°13'59,8"	923,00
8	25°26'58,0"	49°13'59,9"	923,00
9	25°26'57,9"	49°143'00,0"	923,00
10	25°26'58,1"	49°13'59,9"	922,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 9 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **JUNO SB** DA TRIMBLE, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 14**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>JUNO SB</b>		
Identificação do marco			RN 14
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	6	PDOP	2,16
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,622"	49°13'48,013"	943,14
2	25°27'05,580"	49°13'47,910"	929,46
3	25°27'05,630"	49°13'47,897"	927,97
4	25°27'05,711"	49°13'47,882"	931,95
5	25°27'05,649"	49°13'47,933"	923,77
6	25°27'05,607"	49°13'47,902"	931,70
7	25°27'05,615"	49°13'47,998"	939,81
8	25°27'05,667"	49°13'47,932"	936,19
9	25°27'05,618"	49°13'47,856"	935,77
10	25°27'05,733"	49°13'47,911"	929,15
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	1,80
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,764"	49°13'47,890"	937,75
2	25°27'05,323"	49°13'48,120"	941,34
3	25°27'05,701"	49°13'47,944"	940,17
4	25°27'05,576"	49°13'47,030"	939,35
5	25°27'05,608"	49°13'47,956"	937,37
6	25°27'05,701"	49°13'47,853"	930,60
7	25°27'05,756"	49°13'47,824"	931,49
8	25°27'05,512"	49°13'47,861"	935,95
9	25°27'05,638"	49°13'47,816"	937,93
10	25°27'05,672"	49°13'47,828"	936,52
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	6	PDOP	2,52
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,765"	49°13'47,852"	934,49
2	25°27'05,877"	49°13'47,932"	936,88
3	25°27'05,845"	49°13'47,951"	928,33
4	25°27'05,701"	49°13'47,936"	924,30
5	25°27'05,754"	49°13'47,955"	924,50
6	25°27'05,905"	49°13'47,931"	933,20
7	25°27'05,804"	49°13'47,901"	927,77
8	25°27'05,772"	49°13'47,968"	930,27
9	25°27'05,644"	49°13'47,804"	936,53
10	25°27'05,729"	49°13'47,821"	930,51

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 10 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 45 XL**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 14**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 45</b>		
Identificação do marco	RN 14		
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	4	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,7"	49°13'48,1"	957,00
2	25°27'05,9"	49°13'48,1"	933,00
3	25°27'05,6"	49°13'48,1"	949,00
4	25°27'06,1"	49°13'48,1"	936,00
5	25°27'05,8"	49°13'48,2"	941,00
6	25°27'05,9"	49°13'48,3"	939,00
7	25°27'05,6"	49°13'48,1"	944,00
8	25°27'05,6"	49°13'48,0"	945,00
9	25°27'06,1"	49°13'48,2"	933,00
10	25°27'05,3"	49°13'48,1"	945,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	5	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°26'05,7"	49°13'47,9"	948,00
2	25°26'05,7"	49°13'47,7"	947,00
3	25°26'05,5"	49°13'47,9"	944,00
4	25°26'05,4"	49°13'47,9"	954,00
5	25°26'05,9"	49°13'47,8"	958,00
6	25°26'05,7"	49°13'47,9"	957,00
7	25°26'05,5"	49°13'48,0"	963,00
8	25°26'06,2"	49°13'47,6"	966,00
9	25°26'05,7"	49°13'48,0"	964,00
10	25°26'05,8"	49°13'48,0"	955,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	4	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'06,0"	49°13'48,3"	961,00
2	25°27'05,9"	49°13'47,8"	952,00
3	25°27'05,9"	49°13'48,2"	936,00
4	25°27'06,2"	49°13'47,9"	923,00
5	25°27'06,0"	49°13'48,2"	915,00
6	25°27'05,8"	49°13'47,9"	933,00
7	25°27'06,0"	49°13'47,9"	950,00
8	25°27'05,9"	49°13'47,9"	947,00
9	25°27'06,2"	49°13'48,1"	955,00
10	25°27'05,9"	49°13'47,9"	944,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 11 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN ETREX**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 14**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN ETREX</b>		
Identificação do marco			RN 14
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,7"	49°13'47,9"	937,00
2	25°27'05,7"	49°13'47,9"	938,00
3	25°27'05,7"	49°13'47,9"	938,00
4	25°27'05,7"	49°13'47,8"	934,00
5	25°27'05,7"	49°13'47,8"	934,00
6	25°27'05,7"	49°13'47,8"	934,00
7	25°27'05,7"	49°13'47,9"	934,00
8	25°27'05,7"	49°13'47,9"	934,00
9	25°27'05,7"	49°13'48,0"	936,00
10	25°27'05,7"	49°13'47,9"	937,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,7"	49°13'47,9"	934,00
2	25°27'05,7"	49°13'47,8"	934,00
3	25°27'05,7"	49°13'47,9"	933,00
4	25°27'05,7"	49°13'47,9"	934,00
5	25°27'05,7"	49°13'47,9"	935,00
6	25°27'05,7"	49°13'47,9"	936,00
7	25°27'05,7"	49°13'47,9"	937,00
8	25°27'05,7"	49°13'47,8"	939,00
9	25°27'05,7"	49°13'48,0"	943,00
10	25°27'05,7"	49°13'47,9"	943,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,7"	49°13'47,8"	937,00
2	25°27'05,8"	49°13'47,9"	938,00
3	25°27'05,8"	49°13'47,8"	937,00
4	25°27'05,8"	49°13'47,9"	936,00
5	25°27'05,8"	49°13'47,9"	936,00
6	25°27'05,8"	49°13'47,9"	934,00
7	25°27'05,8"	49°13'47,9"	930,00
8	25°27'05,7"	49°13'47,9"	929,00
9	25°27'05,7"	49°13'47,9"	928,00
10	25°27'05,7"	49°13'47,9"	928,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 12 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS GEODÉSICAS UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 60 CSX**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 14**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 60 CSx</b>		
Identificação do marco			RN 14
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,6"	49°13'47,8"	933,00
2	25°27'05,5"	49°13'47,9"	933,00
3	25°27'05,5"	49°13'47,8"	933,00
4	25°27'05,6"	49°13'47,8"	933,00
5	25°27'05,7"	49°13'47,8"	933,00
6	25°27'05,7"	49°13'47,9"	933,00
7	25°27'05,7"	49°13'47,9"	933,00
8	25°27'05,7"	49°13'47,9"	933,00
9	25°27'05,8"	49°13'47,9"	934,00
10	25°27'05,5"	49°13'47,8"	934,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,7"	49°13'47,9"	936,00
2	25°27'05,7"	49°13'47,9"	936,00
3	25°27'05,7"	49°13'47,9"	936,00
4	25°27'05,7"	49°13'47,9"	936,00
5	25°27'05,7"	49°13'48,0"	936,00
6	25°27'05,6"	49°13'47,8"	937,00
7	25°27'05,8"	49°13'47,8"	936,00
8	25°27'05,7"	49°13'47,9"	935,00
9	25°27'05,7"	49°13'47,9"	935,00
10	25°27'05,7"	49°13'48,0"	935,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	Latitude	Longitude	Altitude
1	25°27'05,8"	49°13'48,1"	931,00
2	25°27'05,8"	49°13'48,1"	931,00
3	25°27'05,8"	49°13'47,8"	932,00
4	25°27'05,9"	49°13'48,0"	931,00
5	25°27'05,9"	49°13'47,9"	931,00
6	25°27'05,9"	49°13'48,0"	932,00
7	25°27'05,8"	49°13'48,0"	933,00
8	25°27'05,8"	49°13'48,0"	932,00
9	25°27'05,7"	49°13'47,9"	933,00
10	25°27'05,7"	49°13'47,9"	933,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 13 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **JUNO SB** DA TRIMBLE, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RM3**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>JUNO SB</b>		
Identificação do marco			RM3
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	1,8
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.209,375	677.856,961	939,09
2	7.184.198,565	677.855,309	939,36
3	7.184.208,186	677.856,135	945,00
4	7.184.208,919	677.856,592	937,32
5	7.184.211,984	677.857,526	938,77
6	7.184.209,740	677.857,357	935,61
7	7.184.214,046	677.857,470	936,40
8	7.184.211,916	677.858,028	934,37
9	7.184.211,510	677.858,442	931,09
10	7.184.211,045	677.858,715	931,40
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	2,16
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.211,253	677.856,930	940,43
2	7.184.213,793	677.853,415	943,61
3	7.184.214,307	677.854,093	934,52
4	7.184.214,595	677.855,521	934,74
5	7.184.214,761	677.854,629	935,77
6	7.184.214,790	677.854,770	935,74
7	7.184.214,008	677.855,737	937,86
8	7.184.213,360	677.855,840	933,70
9	7.184.212,404	677.855,995	932,84
10	7.184.213,031	677.855,109	935,36
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	1,8
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.206,871	677.860,197	944,48
2	7.184.213,704	677.860,064	944,67
3	7.184.214,567	677.859,992	942,31
4	7.184.211,304	677.860,060	939,29
5	7.184.212,042	677.862,445	944,48
6	7.184.205,554	677.861,995	927,79
7	7.184.205,968	677.860,995	931,12
8	7.184.206,872	677.860,085	932,28
9	7.184.204,202	677.859,519	928,77
10	7.184.204,120	677.858,763	930,19

FONTE: Autor (2011)



APÊNDICE 14 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 45 XL**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RM3**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 45 XL</b>		
Identificação do marco			RM3
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	7	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.199,917	677.848,509	950,00
2	7.184.209,073	677.854,219	952,00
3	7.184.212,113	677.857,053	953,00
4	7.184.218,230	677.859,928	957,00
5	7.184.215,190	677.857,094	959,00
6	7.184.215,227	677.854,300	950,00
7	7.184.215,190	677.857,094	953,00
8	7.184.215,190	677.857,094	961,00
9	7.184.215,190	677.857,094	951,00
10	7.184.215,190	677.857,094	964,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.208,999	677.859,806	945,00
2	7.184.209,110	677.851,425	951,00
3	7.184.215,190	677.857,094	948,00
4	7.184.212,150	677.854,259	948,00
5	7.184.208,999	677.859,806	945,00
6	7.184.212,076	677.859,847	945,00
7	7.184.212,150	677.854,259	946,00
8	7.184.212,113	677.857,053	944,00
9	7.184.208,999	677.859,806	949,00
10	7.184.215,264	677.851,507	944,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	7	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.209,036	677.857,012	953,00
2	7.184.215,153	677.859,888	948,00
3	7.184.208,999	677.859,806	945,00
4	7.184.212,039	677.862,640	951,00
5	7.184.218,230	677.859,928	952,00
6	7.184.208,962	677.862,600	951,00
7	7.184.212,039	677.862,640	951,00
8	7.184.215,190	677.857,094	944,00
9	7.184.208,999	677.859,806	946,00
10	7.184.208,999	677.859,806	941,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 15 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN ETREX**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RM3**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN ETREX</b>		
Identificação do marco			RM3
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.209,036	677.857,012	930,00
2	7.184.209,036	677.857,012	932,00
3	7.184.209,036	677.857,012	932,00
4	7.184.209,036	677.857,012	931,00
5	7.184.209,036	677.857,012	929,00
6	7.184.212,150	677.854,259	931,00
7	7.184.209,073	677.854,219	930,00
8	7.184.212,150	677.854,259	929,00
9	7.184.212,150	677.854,259	930,00
10	7.184.209,073	677.854,219	930,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.209,073	677.854,219	931,00
2	7.184.209,073	677.854,219	932,00
3	7.184.209,036	677.857,012	932,00
4	7.184.209,036	677.857,012	931,00
5	7.184.212,150	677.854,259	932,00
6	7.184.209,073	677.854,219	931,00
7	7.184.212,150	677.854,259	932,00
8	7.184.212,150	677.854,259	931,00
9	7.184.212,150	677.854,259	932,00
10	7.184.212,150	677.854,259	932,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.205,996	677.854,178	937,00
2	7.184.202,882	677.856,931	938,00
3	7.184.205,959	677.856,971	937,00
4	7.184.205,959	677.856,971	936,00
5	7.184.209,036	677.857,012	936,00
6	7.184.205,959	677.856,971	934,00
7	7.184.205,959	677.856,971	930,00
8	7.184.205,959	677.856,971	929,00
9	7.184.205,922	677.859,765	928,00
10	7.184.205,922	677.859,765	928,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 16 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 60 CSX**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RM3**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 60 CSx</b>		
Identificação do marco			RM3
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.208,999	677.859,806	925,00
2	7.184.209,036	677.857,012	927,00
3	7.184.209,036	677.857,012	927,00
4	7.184.209,036	677.857,012	929,00
5	7.184.209,036	677.857,012	929,00
6	7.184.212,113	677.857,053	930,00
7	7.184.209,036	677.857,012	930,00
8	7.184.209,036	677.857,012	930,00
9	7.184.212,113	677.857,053	930,00
10	7.184.209,036	677.857,012	930,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.212,113	677.857,053	935,00
2	7.184.212,113	677.857,053	935,00
3	7.184.212,113	677.857,053	935,00
4	7.184.212,113	677.857,053	935,00
5	7.184.212,113	677.857,053	936,00
6	7.184.212,113	677.857,053	935,00
7	7.184.212,076	677.859,847	935,00
8	7.184.212,076	677.859,847	936,00
9	7.184.212,113	677.857,053	935,00
10	7.184.212,113	677.857,053	936,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.209,036	677.857,012	942,00
2	7.184.212,150	677.854,259	942,00
3	7.184.212,076	677.859,847	942,00
4	7.184.212,076	677.859,847	943,00
5	7.184.212,076	677.859,847	943,00
6	7.184.212,039	677.862,640	943,00
7	7.184.212,039	677.862,640	944,00
8	7.184.212,039	677.862,640	944,00
9	7.184.212,039	677.862,640	944,00
10	7.184.208,990	677.859,806	944,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 17 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **JUNO SB** DA TRIMBLE, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>JUNO SB</b>		
Identificação do marco			RN 10
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	1,8
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.111,886	677.627,893	906,84
2	7.184.111,708	677.631,047	912,30
3	7.184.110,101	677.636,223	907,86
4	7.184.119,202	677.636,846	914,91
5	7.184.113,112	677.641,236	930,32
6	7.184.110,200	677.640,359	926,73
7	7.184.116,013	677.635,938	923,77
8	7.184.112,184	677.636,921	919,42
9	7.184.106,026	677.634,828	920,89
10	7.184.104,946	677.637,384	920,62
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	2,16
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.116,738	677.634,662	927,50
2	7.184.109,610	677.631,438	927,69
3	7.184.113,311	677.649,425	945,22
4	7.184.110,822	677.632,879	921,15
5	7.184.113,094	677.633,273	925,33
6	7.184.111,453	677.638,644	921,73
7	7.184.112,951	677.639,446	928,89
8	7.184.112,202	677.637,871	921,99
9	7.184.110,417	677.635,612	921,71
10	7.184.109,170	677.636,825	916,44
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	7	PDOP	1,8
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.105,566	677.637,057	920,53
2	7.184.106,828	677.639,365	928,77
3	7.184.109,583	677.635,797	938,12
4	7.184.108,871	677.638,470	927,90
5	7.184.109,417	677.641,383	932,28
6	7.184.113,682	677.642,333	933,96
7	7.184.110,419	677.640,083	919,31
8	7.184.108,927	677.638,862	917,55
9	7.184.107,454	677.643,173	927,07
10	7.184.108,381	677.640,587	923,24

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 18 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 45 XL**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 45</b>		
Identificação do marco			RN 10
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.085,440	677.662,579	948,00
2	7.184.116,505	677.640,638	941,00
3	7.184.094,966	677.640,353	933,00
4	7.184.064,012	677.653,913	933,00
5	7.184.116,579	677.635,051	939,00
6	7.184.103,975	677.657,237	930,00
7	7.184.116,653	677.629,464	928,00
8	7.184.116,764	677.621,083	906,00
9	7.184.082,511	677.651,364	909,00
10	7.184.079,804	677.623,387	910,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	5	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.107,459	677.626,548	922,00
2	7.184.098,080	677.637,600	912,00
3	7.184.101,194	677.634,847	919,00
4	7.184.110,425	677.634,970	924,00
5	7.184.110,462	677.632,176	924,00
6	7.184.107,274	677.640,516	923,00
7	7.184.107,385	677.632,135	921,00
8	7.184.104,234	677.637,682	914,00
9	7.184.107,385	677.632,135	919,00
10	7.184.107,274	677.640,516	922,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	6	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.098,117	677.634,807	918,00
2	7.184.116,653	677.629,464	931,00
3	7.184.110,499	677.629,382	934,00
4	7.184.110,425	677.634,970	936,00
5	7.184.104,308	677.632,095	931,00
6	7.184.104,197	677.640,475	919,00
7	7.184.110,388	677.637,763	908,00
8	7.184.104,160	677.643,269	918,00
9	7.184.104,234	677.637,682	913,00
10	7.184.110,351	677.640,557	931,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 19 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN ETREX**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN ETREX</b>		
Identificação do marco	RN 10		
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.110,425	677.634,970	916,00
2	7.184.110,425	677.634,970	918,00
3	7.184.110,425	677.634,970	917,00
4	7.184.110,425	677.634,970	917,00
5	7.184.110,425	677.634,970	918,00
6	7.184.110,425	677.634,970	918,00
7	7.184.110,425	677.634,970	918,00
8	7.184.107,348	677.634,929	917,00
9	7.184.107,348	677.634,929	917,00
10	7.184.107,385	677.632,135	919,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.107,311	677.637,723	916,00
2	7.184.107,348	677.634,929	920,00
3	7.184.107,311	677.637,723	919,00
4	7.184.107,311	677.637,723	920,00
5	7.184.107,348	677.634,929	919,00
6	7.184.107,348	677.634,929	918,00
7	7.184.110,425	677.634,970	920,00
8	7.184.107,311	677.637,723	920,00
9	7.184.107,311	677.637,723	922,00
10	7.184.110,425	677.634,970	922,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.104,197	677.640,475	929,00
2	7.184.104,197	677.640,475	928,00
3	7.184.107,237	677.643,310	927,00
4	7.184.104,160	677.643,269	926,00
5	7.184.104,160	677.643,269	924,00
6	7.184.104,197	677.640,475	923,00
7	7.184.107,311	677.637,723	923,00
8	7.184.107,311	677.637,723	923,00
9	7.184.107,274	677.640,516	925,00
10	7.184.104,197	677.640,475	926,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 20 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 60 CSx**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 10**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 60 CSx</b>		
Identificação do marco			RN 10
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.110,351	677.640,557	908,00
2	7.184.113,428	677.640,598	911,00
3	7.184.113,428	677.640,598	912,00
4	7.184.113,428	677.640,598	912,00
5	7.184.104,197	677.640,475	914,00
6	7.184.116,542	677.637,845	913,00
7	7.184.119,656	677.635,092	913,00
8	7.184.107,311	677.637,723	913,00
9	7.184.113,502	677.635,010	913,00
10	7.184.116,579	677.635,051	913,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	14	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.107,311	677.637,723	932,00
2	7.184.110,425	677.634,970	930,00
3	7.184.107,311	677.637,723	930,00
4	7.184.107,311	677.637,723	930,00
5	7.184.110,425	677.634,970	931,00
6	7.184.110,351	677.640,557	931,00
7	7.184.113,465	677.637,804	931,00
8	7.184.110,388	677.637,763	930,00
9	7.184.107,348	677.634,929	931,00
10	7.184.110,388	677.637,763	931,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.184.107,274	677.640,516	923,00
2	7.184.113,391	677.643,391	923,00
3	7.184.110,351	677.640,557	923,00
4	7.184.110,351	677.640,557	923,00
5	7.184.107,274	677.640,516	923,00
6	7.184.107,274	677.640,516	923,00
7	7.184.107,237	677.643,310	923,00
8	7.184.107,274	677.640,516	923,00
9	7.184.110,388	677.637,763	923,00
10	7.184.104,197	677.640,475	922,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 21 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **JUNO SB** DA TRIMBLE, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 14**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>JUNO SB</b>		
Identificação do marco			RN 14
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	6	PDOP	2,16
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.868,346	677.969,478	943,14
2	7.183.869,600	677.972,373	929,46
3	7.183.868,057	677.972,715	927,97
4	7.183.865,559	677.973,101	931,95
5	7.183.867,486	677.971,702	923,77
6	7.183.868,767	677.972,585	931,70
7	7.183.868,556	677.969,900	939,81
8	7.183.866,932	677.971,723	936,19
9	7.183.868,411	677.973,866	935,77
10	7.183.864,919	677.970,327	929,15
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	8	PDOP	1,80
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.863,931	677.972,856	937,75
2	7.183.877,586	677.966,611	941,34
3	7.183.865,890	677.971,373	940,17
4	7.183.869,919	677.980,196	939,35
5	7.183.868,756	677.971,076	937,37
6	7.183.865,856	677.973,916	930,60
7	7.183.864,153	677.974,703	931,49
8	7.183.871,674	677.973,769	935,95
9	7.183.867,781	677.974,975	937,93
10	7.183.866,739	677.974,626	936,52
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	6	PDOP	2,52
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.863,886	677.973,917	934,49
2	7.183.860,470	677.971,637	936,88
3	7.183.861,462	677.971,119	928,33
4	7.183.865,887	677.971,597	924,30
5	7.183.864,263	677.971,044	924,50
6	7.183.859,608	677.971,653	933,20
7	7.183.862,705	677.972,533	927,77
8	7.183.865,253	677.970,694	930,27
9	7.183.867,592	677.975,308	936,53
10	7.183.864,983	677.974,798	930,51

FONTE: Autor (2011)



APÊNDICE 22 – CADERNETA DE CAMPO COM OS VALORES DAS COORDENADAS UTM UTILIZANDO O RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO MODELO **GARMIN 45 XL**, EM FUNÇÃO DA HORA DE RASTREIO, NO DIA 13/04/2011 NO **MARCO RN 14**, LOCALIZADO NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Receptor	<b>GARMIN 45</b>		
Identificação do marco			RN 14
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	4	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.865,978	677.967,016	957,00
2	7.183.859,825	677.966,934	933,00
3	7.183.869,055	677.967,057	949,00
4	7.183.853,671	677.966,852	936,00
5	7.183.862,939	677.964,181	941,00
6	7.183.859,899	677.961,347	939,00
7	7.183.869,055	677.967,057	944,00
8	7.183.869,018	677.969,850	945,00
9	7.183.853,708	677.964,059	933,00
10	7.183.878,286	677.967,179	945,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	5	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.865,904	677.972,603	948,00
2	7.183.865,830	677.978,190	947,00
3	7.183.872,058	677.972,685	944,00
4	7.183.875,135	677.972,726	954,00
5	7.183.859,713	677.975,32	958,00
6	7.183.865,904	677.972,603	957,00
7	7.183.872,095	677.969,891	963,00
8	7.183.850,408	677.980,779	966,00
9	7.183.865,941	677.969,809	964,00
10	7.183.862,864	677.969,769	955,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	4	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.856,822	677.961,306	961,00
2	7.183.859,750	677.972,521	952,00
3	7.183.859,862	677.964,141	936,00
4	7.183.850,520	677.972,399	923,00
5	7.183.856,785	677.964,100	915,00
6	7.183.862,827	677.972,562	933,00
7	7.183.856,674	677.972,480	950,00
8	7.183.859,750	677.972,521	947,00
9	7.183.850,594	677.966,812	955,00
10	7.183.859,750	677.972,521	944,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 23 – Caderneta de campo com os valores das coordenadas UTM utilizando o receptor GPS de navegação modelo **Garmin ETrex**, em função da hora de rastreo, no dia 13/04/2011 no **Marco RN 14**, localizado no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná

Receptor	<b>GARMIN ETREX</b>		
Identificação do marco			RN 14
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.865,904	677.972,603	937,00
2	7.183.865,904	677.972,603	938,00
3	7.183.865,904	677.972,603	938,00
4	7.183.865,867	677.975,397	934,00
5	7.183.865,867	677.975,397	934,00
6	7.183.865,867	677.975,397	934,00
7	7.183.865,904	677.972,603	934,00
8	7.183.865,904	677.972,603	934,00
9	7.183.865,941	677.969,809	936,00
10	7.183.865,904	677.972,603	937,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.865,904	677.972,603	934,00
2	7.183.865,867	677.975,397	934,00
3	7.183.865,904	677.972,603	933,00
4	7.183.865,904	677.972,603	934,00
5	7.183.865,904	677.972,603	935,00
6	7.183.865,904	677.972,603	936,00
7	7.183.865,904	677.972,603	937,00
8	7.183.865,867	677.975,397	939,00
9	7.183.865,941	677.969,809	943,00
10	7.183.865,904	677.972,603	943,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.865,867	677.975,397	937,00
2	7.183.862,827	677.972,562	938,00
3	7.183.862,790	677.975,356	937,00
4	7.183.862,827	677.972,562	936,00
5	7.183.862,827	677.972,562	936,00
6	7.183.862,827	677.972,562	934,00
7	7.183.862,827	677.972,562	930,00
8	7.183.865,904	677.972,603	929,00
9	7.183.865,904	677.972,603	928,00
10	7.183.865,904	677.972,603	928,00

FONTE: Autor (2011)

APÊNDICE 24 – Caderneta de campo com os valores das coordenadas UTM utilizando o receptor GPS de navegação modelo **Garmin 60 CSx**, em função da hora de rastreamento, no dia 13/04/2011 no **Marco RN 14**, localizado no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná

Receptor	<b>GARMIN 60 CSx</b>		
Identificação do marco			RN 14
Horário	8 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	11	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.868,944	677.975,437	933,00
2	7.183.872,058	677.972,685	933,00
3	7.183.872,021	677.975,478	933,00
4	7.183.868,944	677.975,437	933,00
5	7.183.865,867	677.975,397	933,00
6	7.183.865,904	677.972,603	933,00
7	7.183.865,904	677.972,603	933,00
8	7.183.865,904	677.972,603	933,00
9	7.183.862,827	677.972,562	934,00
10	7.183.872,021	677.975,478	934,00
Horário	12 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	9	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.865,904	677.972,603	936,00
2	7.183.865,904	677.972,603	936,00
3	7.183.865,904	677.972,603	936,00
4	7.183.865,904	677.972,603	936,00
5	7.183.865,941	677.969,809	936,00
6	7.183.868,944	677.975,437	937,00
7	7.183.862,790	677.975,356	936,00
8	7.183.865,904	677.972,603	935,00
9	7.183.865,904	677.972,603	935,00
10	7.183.865,941	677.969,809	935,00
Horário	16 h	Data	13/04/2011
Nº Sat.	10	PDOP	
Observa	N	E	Altitude
1	7.183.862,302	677.966,975	931,00
2	7.183.862,302	677.966,975	931,00
3	7.183.862,790	677.975,356	932,00
4	7.183.859,788	677.969,728	931,00
5	7.183.859,750	677.972,521	931,00
6	7.183.859,788	677.969,728	932,00
7	7.183.862,864	677.969,769	933,00
8	7.183.862,864	677.969,769	932,00
9	7.183.865,904	677.972,603	933,00
10	7.183.865,904	677.972,603	933,00

FONTE: Autor (2011)

## APÊNDICE 25 – TESTE DA HOMOGENEIDADE DAS VARIÂNCIAS PARA ERRO PLANIMÉTRICO

Data file: \_FRANKE\_

Title:

Function: ANOVA-1

Data case no. 1 to 36

One way ANOVA grouped over variable 2 (Tratamento)  
with values from 1 to 12.

Variable 6 (Erro Planimétrico)

## ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	361.477	32.862	2.184	0.0531 <sup>ns</sup>
Within	24	361.068	15.045		
Total	35	722.545			

Coefficient of Variation = 78.01%

Var.	VARIABLE No. 6		Average	SD	SE
2	Number	Sum			
1	3.00	11.174	3.725	2.35	2.24
2	3.00	14.723	4.908	1.23	2.24
3	3.00	12.782	4.261	1.14	2.24
4	3.00	43.520	14.507	12.35	2.24
5	3.00	16.050	5.350	1.17	2.24
6	3.00	21.983	7.328	3.05	2.24
7	3.00	8.264	2.755	1.22	2.24
8	3.00	6.437	2.146	0.43	2.24
9	3.00	11.460	3.820	0.49	2.24
10	3.00	11.729	3.910	2.54	2.24
11	3.00	7.429	2.476	0.32	2.24
12	3.00	13.449	4.483	0.75	2.24
Total	36.00	178.999	4.972	4.54	0.76
Within			3.88		

Bartlett's test

Chi-square = 44.501

Number of Degrees of Freedom = 11    p = 0,00

Approximate significance = 0.000

APÊNDICE 26 – TESTE NÃO PARAMÉTRICO KRUSKAL-WALLIS PARA TESTE SIGNIFICÂNCIA ENTRE MÉDIAS

Data file: \_ERRPLAN\_ **MARCO**

Function: NONPARAM Test: Kruskal-Wallis Test

Using Variable 2 (Tr 1) cases 1 to 10.

Using Variable 3 (Tr 2) cases 1 to 10.

Using Variable 4 (Tr 3) cases 1 to 10.

Using Variable 5 (Tr 4) cases 1 to 10.

Using Variable 6 (Tr 5) cases 1 to 10.

Using Variable 7 (Tr 6) cases 1 to 10.

Using Variable 8 (Tr 7) cases 1 to 10.

Using Variable 9 (Tr 8) cases 1 to 10.

Using Variable 10 (Tr 9) cases 1 to 10.

Using Variable 11 (Tr 10) cases 1 to 10.

Using Variable 12 (Tr 11) cases 1 to 10.

Using Variable 13 (Tr 12) cases 1 to 10.

Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5
0.68	1.26	4.68	13.01	3.24
11.53	5.03	4.98	2.67	5.37
1.92	5.04	5.61	2.13	5.19
1.10	4.74	3.58	8.82	3.26
2.13	5.19	6.07	5.19	3.24
0.69	5.16	6.90	5.75	3.75
4.10	4.12	5.88	5.19	3.26
2.31	3.46	4.60	5.19	2.13
2.28	2.50	6.45	5.19	3.24
2.24	3.43	6.23	5.19	7.40

Sample 6	Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10
1.02	1.02	2.67	4.75	3.24
6.04	1.02	2.67	7.13	1.02
3.24	1.02	1.02	4.06	1.02
6.26	1.02	1.02	4.06	1.02
8.82	1.02	3.26	1.02	1.02
5.97	3.26	2.67	4.06	2.13
6.26	2.67	3.26	4.06	1.02
5.19	3.26	3.26	4.06	1.02
3.24	3.26	3.26	5.10	2.13
3.24	2.67	3.26	5.10	1.02

Sample 11	Sample 12
2.13	1.02
2.13	3.26
2.13	3.75
2.13	3.75
2.13	3.75
2.13	6.26
3.75	6.26
3.75	6.26
2.13	6.26
2.13	3.25

Test Criterion: 57.8427

Probability: 0.0000

$X^2 = 19,68$  (TABELA do para 11 Graus de Liberdade)

T calculado > que Chis-Square TABELAdo → significativo a 1% de probabil.  
 Continuação Apêndice 26...

Data file: \_ERRPLAN\_ **MARCO 10**

Function: NONPARAM Test: Kruskal-Wallis Test

Using Variable 2 (Tr 1) cases 11 to 20.

Using Variable 3 (Tr 2) cases 11 to 20.

Using Variable 4 (Tr 3) cases 11 to 20.

Using Variable 5 (Tr 4) cases 11 to 20.

Using Variable 6 (Tr 5) cases 11 to 20.

Using Variable 7 (Tr 6) cases 11 to 20.

Using Variable 8 (Tr 7) cases 11 to 20.

Using Variable 9 (Tr 8) cases 11 to 20.

Using Variable 10 (Tr 9) cases 11 to 20.

Using Variable 11 (Tr 10) cases 11 to 20.

Using Variable 12 (Tr 11) cases 11 to 20.

Using Variable 13 (Tr 12) cases 11 to 20.

Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5
11.03	9.81	2.18	74.81	11.48
8.14	6.91	1.51	9.35	9.45
3.14	12.79	3.03	12.77	7.08
11.74	6.11	1.42	46.32	4.21
6.45	7.32	3.86	9.53	6.54
3.55	3.98	7.52	19.54	2.50
8.74	5.61	3.55	12.52	5.89
4.79	4.68	1.64	19.30	3.31
3.53	3.77	5.15	28.35	5.89
2.66	2.04	2.70	53.97	2.50

Sample 6	Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10
9.94	4.21	0.37	4.13	3.80
12.52	4.21	3.10	4.13	6.44
9.14	4.21	0.37	5.29	6.44
4.21	4.21	0.37	6.23	6.44
6.74	4.21	3.10	6.23	4.13
4.13	4.21	3.10	4.13	9.02
2.88	4.21	4.21	0.37	12.48
6.23	3.10	0.37	0.37	0.37
3.31	3.10	0.37	2.50	6.70
3.80	5.89	4.21	4.13	9.53

Sample 11	Sample 12
0.37	2.50
4.21	7.95
0.37	3.80
0.37	3.80
4.21	2.50
3.80	2.50
5.95	5.29
2.88	2.50
3.10	2.88
2.88	4.13

Test Criterion: 52.9513

Probability: 0.0000

T calculado > que Chis-Square TABELAdo → significativo a 1% de probabilidade.

Continuação Apêndice 26...

Data file: **\_ERRPLAN\_ MARCO 14**

Function: NONPARAM Test: Kruskal-Wallace Test

Using Variable 2 (Tr 1) cases 21 to 30.

Using Variable 3 (Tr 2) cases 21 to 30.

Using Variable 4 (Tr 3) cases 21 to 30.

Using Variable 5 (Tr 4) cases 21 to 30.

Using Variable 6 (Tr 5) cases 21 to 30.

Using Variable 7 (Tr 6) cases 21 to 30.

Using Variable 8 (Tr 7) cases 21 to 30.

Using Variable 9 (Tr 8) cases 21 to 30.

Using Variable 10 (Tr 9) cases 21 to 30.

Using Variable 11 (Tr 10) cases 21 to 30.

Using Variable 12 (Tr 11) cases 21 to 30.

Using Variable 13 (Tr 12) cases 21 to 30.

Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5
2.80	3.16	3.66	4.98	1.26
2.70	11.88	6.48	8.68	6.39
1.38	1.18	5.54	5.28	5.17
1.83	8.81	1.10	14.20	8.23
0.58	1.99	2.81	8.70	8.00
1.95	2.29	7.34	12.69	1.26
2.57	3.96	4.29	5.28	5.53
0.18	5.09	2.08	2.91	18.77
2.45	3.19	3.47	15.38	2.32
2.56	2.73	3.50	12.28	4.60

Sample 6	Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10
14.65	1.26	1.26	3.66	4.06
7.22	1.26	3.66	4.17	5.17
10.51	1.26	1.26	5.41	6.21
16.43	3.66	1.26	4.17	4.06
12.81	3.66	1.26	4.17	3.66
4.17	3.66	1.26	4.17	1.26
10.29	1.26	1.26	4.17	1.26
7.22	1.26	3.66	1.26	1.26
17.12	2.32	2.32	1.26	4.17
7.22	1.26	1.26	1.26	6.21

Sample 11	Sample 12
1.26	6.77
1.26	6.77
1.26	5.41
1.26	7.48
2.32	7.22
4.06	7.48
5.41	4.60
1.26	4.60
1.26	1.26
2.32	1.26

Test Criterion: 57.7661

Probability: 0.0000

T calculado > que Chis-Square TABELADO → significativo a 1% de probabil.

## APÊNDICE 27 – TESTE TUKEY PARA MÉDIAS DOS ERROS PLANIMÉTRICOS

Data File : \_FRANKE\_  
 Title :

Case Range : 37 - 40  
 Variable 6 : Erro Planim,trico  
 Function : \_RANGE\_

Error Mean Square = 15.05  
 Error Degrees of Freedom = 24  
 No. of observations to calculate a mean = 9

Tukey's Honestly Significant Difference Test

$s_e = 1.293$  at  $\alpha = 0.050$

x

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 4.298 AB	Mean 2 = 9.061 A – Garmin 45
Mean 2 = 9.061 A	Mean 1 = 4.298 AB - Juno
Mean 3 = 2.907 B	Mean 4 = 3.623 B – Garmin 60
Mean 4 = 3.623 B	Mean 3 = 2.907 B – Garmin Etrex



APÊNDICE 28 – TESTE DA HOMOGENEIDADE DAS VARIÂNCIAS PARA ERRO TRIDIMENSIONAL

Variable 7 (Erro tridimensional)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1351.797	122.891	3.633	0.0040
Within	24	811.742	33.823		
Total	35	2163.539			

Coefficient of Variation = 41.14%

Var. 2	VARIABLE Number	Sum	No. 7 Average	SD	SE
1	3.00	32.501	10.834	1.38	3.36
2	3.00	40.514	13.505	3.86	3.36
3	3.00	36.400	12.133	2.42	3.36
4	3.00	87.704	29.235	6.58	3.36
5	3.00	64.213	21.404	12.69	3.36
6	3.00	60.494	20.165	5.53	3.36
7	3.00	24.348	8.116	5.95	3.36
8	3.00	27.635	9.212	5.97	3.36
9	3.00	33.633	11.211	3.40	3.36
10	3.00	21.741	7.247	5.31	3.36
11	3.00	40.839	13.613	5.72	3.36
12	3.00	38.910	12.970	2.19	3.36
Total	36.00	508.931	14.137	7.86	1.31
Within			5.82		

Bartlett's test

Chi-square = 11.685                      p = 0.3877  
 Number of Degrees of Freedom = 11  
 Approximate significance = 0.000

## APÊNDICE 29 - APLICAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL

Data file: \_FRANKE\_

Title:

Function: FACTOR

Experiment Model Number 1:

Two Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 36.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 3: Repeticao) with values from 1 to 3

Factor A (Var 4: Receptor) with values from 1 to 4

Factor B (Var 5: Horario) with values from 1 to 3

Variable 7: Erro tridimensional

Grand Mean = 14.137 Grand Sum = 508.931 Total Count = 36

## TABLE OF MEANS

3	4	5	7	Total
* 1 *			12.157	109.415
* 2 *			23.601	212.411
* 3 *			9.513	85.615
* 4 *			11.277	101.490
* * 1			13.858	166.294
* * 2			14.433	173.200
* * 3			14.120	169.437
* 1 1			10.834	32.501
* 1 2			13.505	40.514
* 1 3			12.133	36.400
* 2 1			29.235	87.704
* 2 2			21.404	64.213
* 2 3			20.165	60.494
* 3 1			8.116	24.348
* 3 2			9.212	27.635
* 3 3			11.211	33.633
* 4 1			7.247	21.741
* 4 2			13.613	40.839
* 4 3			12.970	38.910

## ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K	Degrees of	Sum of	Mean	F		
Value	Source	Freedom	Squares	Square	Value	Prob
2	Factor A	3	1107.507	369.169	10.9149	0.0001
4	Factor B	2	1.992	0.996	0.0295	
6	AB	6	242.298	40.383	1.1940	0.3430
-7	Error	24	811.742	33.823		
	Total	35	2163.539			

Coefficient of Variation: 41.14%

APÊNDICE 30 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PELO TESTE TUKEY A 5%, PARA O FATOR EQUIPAMENTO

Data File : \_FRANKE\_

Title :

Case Range : 37 - 40

Variable 7 : Erro tridimensional

Function : \_RANGE\_

Error Mean Square = 33.82

Error Degrees of Freedom = 24

No. of observations to calculate a mean = 9

Tukey's Honestly Significant Difference Test

$s_x = 1.939$  at  $\alpha = 0.050$

x

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 12.16 B	Mean 2 = 23.60 A
Mean 2 = 23.60 A	Mean 1 = 12.16 B
Mean 3 = 9.513 B	Mean 4 = 11.28 B
Mean 4 = 11.28 B	Mean 3 = 9.513 B

Equipamento 1: Juno

Equipamento 2: Garmin 45

Equipamento 3: Garmin Etrex

Equipamento 4: Garmin 60