

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA HÍBRIDO DE GPS
INCORPORADO A DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A OBTENÇÃO DE
LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS COM FINS AGRÍCOLAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Tiago Gonçalves Lopes

Alegrete, 2016

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA HÍBRIDO DE GPS
INCORPORADO A DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A OBTENÇÃO DE
LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS COM FINS AGRÍCOLAS**

Tiago Gonçalves Lopes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFarroupilha,RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de

Bacharel em Engenharia Agrícola

Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias

Alegrete, RS, Brasil
2016

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

L061213a Lopes, Tiago Gonçalves

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA HÍBRIDO DE GPS
INCORPORADO A DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A OBTENÇÃO DE
LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS COM FINS AGRÍCOLAS / Tiago
Gonçalves Lopes.

77 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa,
ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2016.

"Orientação: Vilnei de Oliveira Dias".

1. A-GPS. 2. Mobilidade. 3. Baixo custo. 4. Agricultura. 5. Planimetria. I.
Título.


A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

Avaliação de desempenho de um sistema híbrido de gps incorporado a dispositivos móveis para a obtenção de levantamentos planimétricos com fins agrícolas


elaborado por
Tiago Gonçalves Lopes

Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola


COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.º Dr.º Valdir de Oliveira Dias
Presidente-Orientador
(Unipampa)



Prof.º Dr.º Pedro Roberto de Azambuja Madruga
(Unipampa)



Me. Eng. Agrícola Cleber Millani Rodrigues
(Unipampa)

Alegrete, 14 de dezembro de 2016.

AGRADECIMENTO

A minha família, pelo incansável apoio.

Ao Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias pela orientação, aprendizado e oportunidades oferecidas ao longo da graduação.

A todos os membros da banca examinadora pela disponibilidade e contribuições.

A todos os professores que de uma maneira ou outra contribuíram na edificação do saber e me permitiram estar aqui hoje.

Aos colegas e funcionários do LAMAP.

A todos os colegas de aula pelos bons momentos de convivência juntos.

Meus agradecimentos.

Ofereço a meu pai, Emílio (*in memoriam*), por todos os conselhos e ensinamentos.

Dedico a minha mãe, Gelçi, por toda sua garra para estar ao meu lado ao longo desta etapa, e por todo o amor, incentivo e motivação que sempre me deste.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso

Graduação em Engenharia Agrícola

Instituto Federal Farroupilha e Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA HÍBRIDO DE GPS INCORPORADO A DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A OBTENÇÃO DE LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS COM FINS AGRÍCOLAS

AUTOR: TIAGO GONÇALVES LOPES

ORIENTADOR: VILNEI DE OLIVEIRA DIAS

Alegrete, 14 de dezembro de 2016.

Por vezes é necessário que se conheça a área de determinado talhão, para fins de tomada de decisão à curto prazo, como cálculos de quantidade de insumos, sementes, calibração de máquinas ou estimativas de produtividade. Neste sentido, ferramentas disponibilizadas para smartphones podem vir a ser úteis por não exigirem elevado nível de conhecimento, ou contratação de serviços para esse fim, necessitando apenas que o aparelho possua sinal de internet móvel e configuração básica, necessária para a instalação de um aplicativo de planimetria. Neste contexto, o presente trabalho objetiva avaliar a acurácia e a precisão de dispositivos móveis equipados com sistema de GPS híbrido (A-GPS), como possível ferramenta alternativa, para a realização de levantamentos planimétricos com finalidades agrícolas. Para isso, foram conduzidos experimentos de estimativa de áreas com distintas dimensões, avaliando quatro dispositivos de levantamento planimétrico: receptores GPS L1 topográfico (receptor A) e de navegação (receptor B), e smartphones com plataformas Android™ (receptor C) e iOS (receptor D), equipados com aplicativo Planimeter e internet 3G. Com delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x5 (4 dispositivos x 5 áreas), com três repetições, totalizando 60 observações. Também foram realizados experimentos através do método de posicionamento estático, avaliando três receptores: B, C e D. Com delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x8 (3 dispositivos x 8 vértices), com três repetições, totalizando 72 observações. Obtiveram-se resultados satisfatórios, alcançando precisões de até 2,32 metros, e acurácia de 2,07 metros, validando seu uso, como ferramenta para coleta de dados planimétricos em diversas atividades agrícolas.

Palavras-Chave: A-GPS, Mobilidade, Baixo custo, Agricultura, Planimetria.

ABSTRACT

Trabalho de Conclusão de Curso

Graduação em Engenharia Agrícola

Instituto Federal Farroupilha e Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA HÍBRIDO DE GPS INCORPORADO A DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A OBTENÇÃO DE LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS COM FINS AGRÍCOLAS

AUTOR: TIAGO GONÇALVES LOPES

ORIENTADOR: VILNEI DE OLIVEIRA DIAS

Alegrete, 14 de dezembro de 2016.

Sometimes it is necessary know the area of a given plot for decision-making purposes in the short term, as calculations of the amount of inputs, seeds, machine calibration or estimate the productivity of a given culture. In this sense, tools available for smartphones can be useful by not requiring high level of knowledge or hiring services for this purpose, requiring only mobile internet signal available in the region where the area to be measured is located, and that the device has basic configuration required for the installation of a planimetry application. The objective of this study is to evaluate the accuracy and precision of mobile devices equipped with Hybrid GPS system (A-GPS) as an alternative tool to perform planimetric surveys the field in agricultural purposes. For this, will be conducted experiments evaluating four planimetric survey devices: topographic L1 GPS receivers (receiver A) and navigation (receiver B), and smartphones with Android™ platform (receiver C) and iOS platform (receiver D), equipped with Planimeter application and 3G internet. With experimental design in a factorial 4x5 (4 devices x 5 areas) with three repetitions, totaling 60 observations. There will also be reviews through the static positioning method, evaluating accuracy and precision of three receivers: B, C e D. With experimental design in a factorial 3x8 (3 devices x 8 vertices) with three repetitions, totaling 72 observations. Satisfactory results were obtained, reaching precisions of up to 2,32 meters and accuracy of 2,07 meters, validating their use as a tool for collecting planimetric data in various agricultural activities.

Keywords: A-GPS, Mobility, Low cost, Agriculture, Planimetry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Segmentos que compõem o sistema GPS	17
Figura 2 – Constelação de satélites GPS	18
Figura 3 – Distribuição do segmento espacial.....	18
Figura 4 – Esquema de comunicação entre os segmentos GPS	20
Figura 5 – Conceitos de exatidão (acurácia) e precisão	23
Figura 6 – Conceitos do GPS assistido (A-GPS).	24
Figura 7 – Conjunto de células ou estações rádio base - Alegrete/RS	25
Figura 8 – Interface do aplicativo Planimeter	27
Figura 9 – Localização da área experimental do trabalho.....	28
Figura 10 – Fluxograma de avaliações	29
Figura 11 – Croqui experimental da distribuição dos pontos no aplicativo Planimeter.....	31
Figura 12 – Materialização dos pontos testemunha.....	31
Figura 13 – Nivelamento do equipamento sobre o ponto de interesse.....	33
Figura 14 – Rastreamento GPS e altura inclinada da antena (receptor A).	34
Figura 15 – Análise de observações entre base e pontos no software GNSS Solutions.	35
Figura 16 – Cálculo dos vetores linha-base no software GNSS Solutions.....	36
Figura 17 – Estrutura de apoio para as coletas	38
Figura 18 – Posicionamento correto do equipamento	39
Figura 19 – Croqui experimental dos vértices para concepção das testemunhas.....	43
Figura 20 – Materialização dos vértices	44
Figura 21 – Rastreamento dos pontos de controle.....	45
Figura 22 – Instalação e importação dos pontos de controle para a estação total	46
Figura 23 – Levantamento planimétrico dos vértices testemunha	47
Figura 24 – Suporte de campo para coleta de dados e transporte dos receptores.....	49
Figura 25 – Posicionamento do conjunto durante caminhamento perimétrico das áreas.....	49
Figura 26 – Ocupação do receptor A com haste sobre o vértice materializado	50
Figura 27 – Sequência de ocupação da base com os receptores D, C e B.....	51
Figura 28 – Obtenção de vértice e posterior armazenamento no aplicativo Planimeter	52
Figura 29 – Acurácia isolada de posicionamento nas direções Leste e Norte.....	56
Figura 30 – Comparação entre coordenadas reais e coordenadas médias.....	59
Figura 31 – Erro radial (ER) e índices médios de acurácia (IA) e precisão posicional (σ_p).	64
Figura 32 – Projeção e sobreposição dos tratamentos no software AutoCAD.....	68
Figura 33 – Comportamento da precisão em função das áreas, para os receptores B, C e D	70
Figura 34 – Comportamento da precisão em função das áreas, para o receptores A	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Precisão das técnicas de posicionamento	22
Tabela 2 – Pacotes de dados pré-pagos	27
Tabela 3 – Pré-configurações para o levantamento.....	32
Tabela 4 – Visão Geral de Levantamento e Processamento dos Pontos	36
Tabela 5 – Predefinições adotadas para os levantamentos	37
Tabela 6 – Visão Geral de Levantamento e Processamento dos Pontos de Controle	46
Tabela 7 – Estrutura e dimensões das áreas testemunha	48
Tabela 8 – Erros máximos toleráveis em área (Erro de Jordan).....	53
Tabela 9 – Médias de erro radial para a interação entre os fatores Receptor e Ponto.....	57
Tabela 10 – Valores médios do erro radial de posicionamento.....	58
Tabela 11 – Médias de índice de acurácia para a interação entre receptores	60
Tabela 12 – Desvios padrão para as coordenadas Leste e Norte.....	61
Tabela 13 – Médias de precisão posicional para a interação entre receptores	62
Tabela 14 – Classificação de Jordan quanto a tolerância de erro.....	65
Tabela 15 – Cálculo das médias de precisão percentual para os levantamentos de área	67
Tabela 16 – Médias de precisão percentual para a interação entre receptores	69
Tabela 17 – Resumo geral dos resultados	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GPS – Sistema de Posicionamento Global
AP – Agricultura de Precisão
DoD – Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América
NAVSTAR – Navigation System with Timing and Ranging
UTM – Sistema Universal Transverso de Mercator
A-GPS – Assisted GPS
IDC – International Data Corporation
ERB – Estação Rádio-base
3G – Terceira Geração
GSM – Global System for Mobile Communications
ppm – Parte por milhão
WGS-84 – World Geodetic System
C/A – Course Acquisition Code
LAMAP – Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Agricultura de precisão	15
2.2 Sistema de Posicionamento Global (GPS).....	16
2.2.1 Composição do Sistema GPS	17
2.2.1.1 Segmento Espacial.....	17
2.2.1.2 Segmento de Controle.....	19
2.2.1.3 Segmento de Usuários	20
2.2.2 Funcionamento do Sistema GPS	20
2.2.3 Sistemas de coordenadas GPS	21
2.2.4 Métodos de posicionamento	21
2.3 Acurácia e Precisão.....	22
2.4 A-GPS.....	23
2.5 Sistema de Telefonia Móvel	24
2.6 Smartphones.....	25
2.7 Aplicativo Planimeter GPS measure.....	26
3 METODOLOGIA	28
3.1 Local	28
3.2 Equipamentos.....	28
3.3 Tratamentos	29
3.4 Experimentos estáticos de receptores avaliando acurácia e precisão	30
3.4.1 Execução experimental	30
3.4.2 Obtenção das testemunhas	30
3.4.3 Levantamentos com receptores B, C e D.....	37
3.4.4 Processamento e Análise dos dados	39
3.5 Experimento de estimativa de áreas.....	42
3.5.1 Execução experimental	42
3.5.2 Obtenção das testemunhas	43
3.5.3 Levantamentos com receptores GPS e A-GPS	48
3.5.4 Processamento e Análise dos dados	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 Índices de acurácia.....	55
4.1.1 Acurácia de posicionamento nas direções Leste e Norte.....	55
4.1.2 Erro radial de posicionamento	56
4.1.3 Índice de acurácia	59
4.2 Índices de precisão.....	61
4.2.1 Desvios padrão lineares das coordenadas leste e norte.....	61
4.2.2 Precisão posicional	62
4.3 Estimativa de áreas	65
4.3.1 Erro de Jordan.....	65
4.3.2 Área total comparada.....	66
5 CONCLUSÕES	73
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

1 INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão é um conjunto de ferramentas que possibilita fazer o gerenciamento da produção agrícola, melhorar o retorno econômico e reduzir os impactos ambientais, porém, muitos acreditam que os benefícios desse conjunto de ferramentas só podem ser obtidos em grandes propriedades agrícolas, que dispõem de alta tecnologia de informação. Essa crença reduz-se a cada dia, pois o avanço e acessibilidade de métodos e técnicas de baixo custo e facilidade de uso vêm sendo constantemente desenvolvidos para o agricultor. Portanto, a aplicação eficiente dos recursos hoje disponíveis é indispensável como garantia de sucesso na produção.

Em meio a esse contexto, que abrange as mais diversas tecnologias, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) mostra-se como uma ótima ferramenta de auxílio em diversas atividades, podendo através deste, serem coletadas as informações necessárias para o aperfeiçoamento do uso da terra, objetivando o melhoramento dos negócios agrícolas.

Existe outro sistema que foi criado para acelerar a fixação da localização por GPS, o chamado GPS assistido (A-GPS), que equipa a maioria dos smartphones comercializados hoje em dia. Com ele a conexão inicial não é feita diretamente com o satélite, mas sim com auxílio de uma antena da telefonia celular que previamente armazenou a localização destes satélites e as transmite para o GPS com uma velocidade significativamente maior.

O smartphone se destaca como sendo um dos maiores difusores de tecnologias móveis em ascensão, como o A-GPS, e deixa de ser apenas um celular multifuncional, com aplicações básicas, passando agora a ser uma ferramenta inteligente, podendo ser adaptado a rotina de seus usuários, estando sempre ao alcance das mãos onde quer que se esteja. Os sistemas operacionais que os equipam, agregados a arquiteturas de alto desempenho, baixo consumo, e tecnologia de acesso móvel, propiciam um ambiente de desenvolvimento bastante poderoso, que permite a criação de uma vasta gama de aplicativos integrados a serviços de localização, como o Google Maps[®], que poderão ser utilizados pelo agricultor em atividades corriqueiras do seu dia-a-dia, sem a necessidade de contratação de serviço especializado ou altos investimentos em equipamentos, caso comprovada sua eficiência a campo.

Neste contexto, torna-se necessário ampliar a divulgação das novas tecnologias, bem como, testá-las e avaliá-las quanto ao seu desempenho, pois novidades comumente geram controvérsia, e a falta de informação e pesquisas à cerca destas as tornam improdutíveis, ao

passo que não é explorado a fundo seu potencial de oferecer soluções convenientes, práticas e relevantes.

Logo, o objetivo geral do presente trabalho consiste em avaliar a acurácia e a precisão de dispositivos móveis equipados com sistema de GPS híbrido, como ferramenta alternativa para a inserção de pequenos produtores nas práticas de agricultura de precisão a custo reduzido, onde serão levados em consideração possíveis fatores que podem influenciar diretamente na qualidade dos dados que serão obtidos a campo, como: diferentes dispositivos, para avaliar a realidade de cada modelo de smartphone, comparando-os com equipamentos dedicados propriamente a esta atividade; e distintas dimensões de área, para simular diferentes atribuições.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos básicos que propiciarão uma melhor compreensão da ideia principal do trabalho.

2.1 Agricultura de precisão

O atual cenário do agronegócio brasileiro esbarra a cada safra contra sucessivos aumentos nos custos do sistema produtivo e na constante preocupação com redução de impactos ambientais. Nesse sentido, a busca por soluções que auxiliem na edificação da produção sem impactar negativamente o meio ambiente é constante e árdua, necessitando de certo modo, uma reciclagem em todas as etapas de gerenciamento do sistema agrícola, bem como, a busca por novas ferramentas que auxiliem neste processo. Segundo Acosta *et al.* (2010), para atender a essa demanda de mercado, busca-se hoje auxílio nas técnicas de Agricultura de Precisão (AP).

Conforme Molin (2002), o termo AP define-se como um sistema de gestão ou gerenciamento da produção agrícola que emprega um conjunto de tecnologias e procedimentos para otimizar a lavoura e os sistemas de produção, levando em consideração o fato de que a lavoura não é uniforme.

Molin (2013) ressalta ainda, que apesar das várias formas de abordagem, a AP objetiva sempre a mesma ideia – utilizar estratégias para resolver e tirar proveito de problemas de desuniformidade da lavoura.

Porém, sabe-se que para o pequeno agricultor a inserção em práticas de AP ainda é limitante. TAMBOSI *et al.* (2009), diz que isso se deve basicamente ao baixo nível tecnológico e a falta de disponibilidade de recursos para investir em novas tecnologias. Contudo, ao realizar a análise econômica em uma pequena propriedade usando técnicas de AP, o mesmo afirma que a adoção de sistemas de AP é viável a longo prazo, pois mesmo numa pequena propriedade foi possível visualizar a presença de variabilidade de fertilidade do solo e produtividade.

Schrammel (2011), avaliando o possível emprego dos princípios de AP a pequenas propriedades, concluiu que os custos não são mais fator limitante, e sim, que a grande dificuldade está na falta de planejamento e de costume de armazenar seus dados.

Para Naime (2011), o nível de adoção de AP no Brasil ainda é relativamente baixo devido também a características culturais, e diz que é necessário adaptar essas ferramentas as diferentes realidades e níveis de tecnificação dos produtores para que assim se reverta essa situação.

Portando, a AP não deve ser somente relacionada a grandes propriedades e equipamentos altamente sofisticados, com elevado custo e manejo complexo, mas sim, em constituir alternativas de manejo que levem em consideração as diversidades de cada fator da propriedade, de maneira racional e eficiente (EMBRAPA, 2004).

O passo determinante para a implementação da AP foi o surgimento do GPS (Sistema de Posicionamento Global) por volta de 1990 (MOLIN, 2013). Contudo, em 1997 deu seus primeiros passos no Brasil, passando por várias fases de evolução, e com os constantes avanços e difusão de novas tecnologias continua sendo aprimorada, tornando-se cada vez mais precisa e acessível (ACOSTA *et al.*, 2010).

2.2 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Embora nos dias de hoje venha sendo amplamente introduzido nos mais variados segmentos da comunidade civil (navegação, topografia, agricultura, SIG etc.), a iniciativa de criação do sistema GPS (*Global Positioning System*) foi de cunho militar, desenvolvida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (DoD) com o intuito de ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas na década de 60. Porém, restrito somente a seu próprio uso, passando a ter utilidade civil apenas na década de 80, mas com um erro proposital que limitava os níveis de acuracidade, que só foi abolido em 2 de maio de 2000 (MIRANDA, 2010; KAPLAN & HEGARTY, 2006; MONICO, 2000).

Segundo Miranda (2010), o NAVSTAR (*Navigation System with Timing and Ranging*), popular GPS, é definido como sendo um sistema que consiste de 24 satélites que orbitam em torno da terra em trajetórias muito precisas e transmitem informações de posicionamento, que permitem calcular posições desconhecidas na terra, mar e ar a partir de posições conhecidas desses satélites no espaço.

Conforme Hofmann-Wellenhof *et al.* (1997), o NAVSTAR GPS é definido como um sistema de navegação desenvolvido para determinar em quaisquer condições climáticas e de

maneira precisa: posição, velocidade e tempo de um objeto, num sistema de referência comum, em qualquer lugar da terra ou próximo dela de maneira contínua.

2.2.1 Composição do Sistema GPS

Buscando uma melhor administração do sistema GPS, o mesmo foi infraestruturado em três segmentos principais (SILVA, 2002), identificados como: Segmento Espacial, Segmento de Controle e Segmento de Usuários (Figura 1).

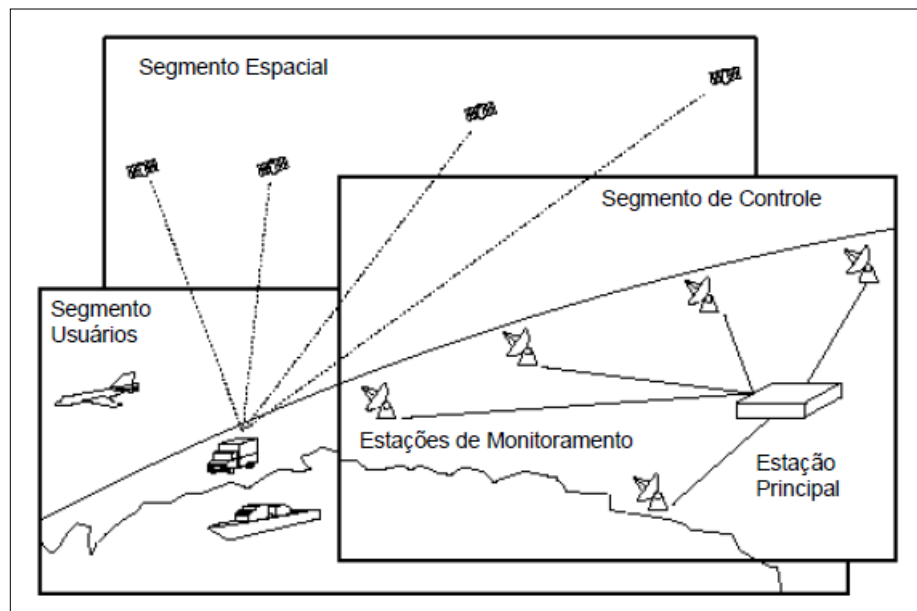


Figura 1 - Segmentos que compõem o sistema GPS.

Fonte: Silva (2002, p.16).

2.2.1.1 Segmento Espacial

Conforme observado por Sebem (2010), a estrutura final do segmento espacial compreende uma constelação de 27 satélites (Figura 2) – 24 operacionais e 3 de reserva – distribuídos em 6 planos orbitais igualmente espaçados, com 4 satélites operacionais em cada

plano, inclinados de 55° em relação ao plano do Equador a uma altura de aproximadamente 20.000 km, com período orbital de aproximadamente 12 horas siderais¹, assegurando que em qualquer ponto da superfície terrestre ou próximo a ela haja disponibilidade mínima de 4 satélites acima do horizonte ao longo das 24 horas do dia (Figura 3).

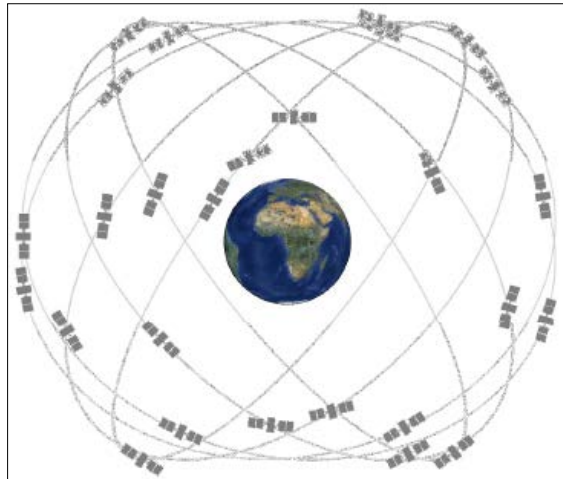


Figura 2 - Constelação de satélites GPS.
Fonte: Jerez (2014, p.03).

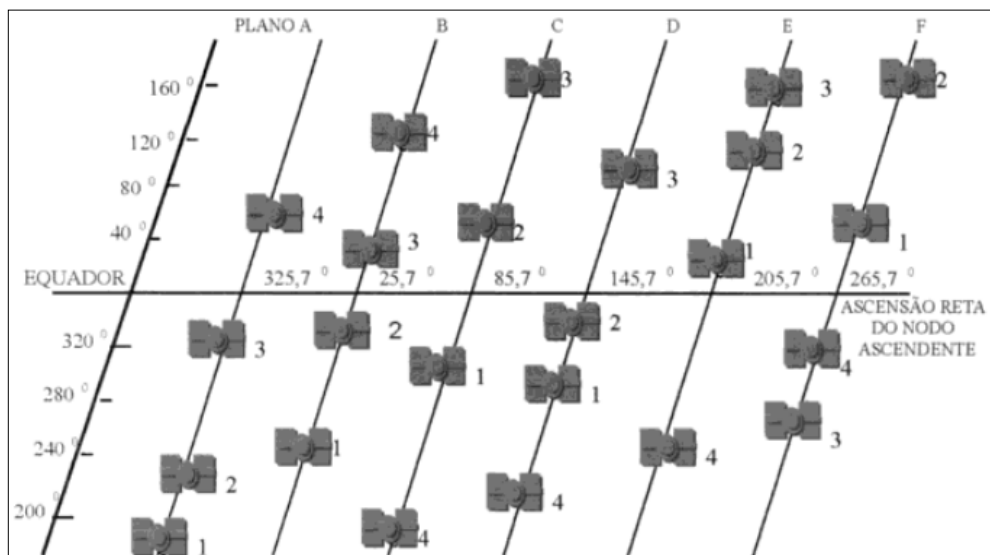


Figura 3 - Distribuição do segmento espacial.
Fonte: Mônico (2000, p.24).

¹ Um dia solar tem 24 horas solares, e um dia sideral tem 24 horas siderais que equivalem a 23 horas 56 minutos e 04 segundos solares.

Mas segundo Jauch (2014), hoje existem 32 satélites GPS distribuídos em 6 planos orbitais da órbita terrestre – além de outros 4 desativados que podem ser reativados se necessário – que compreendem uma altitude entre 2.000 e 22.000 km. Suas órbitas duram 11 horas e 58 minutos, garantindo que os sinais de 4 a 6 satélites possam ser rastreados por receptores GPS em qualquer local do globo ou próximo a ele.

2.2.1.2 Segmento de Controle

Segundo Silva (2002), o segmento de controle pode ser considerado como o alicerce do sistema GPS. Este seguimento consiste de uma rede global de infraestruturas terrestres, que tem como funções: realizar o monitoramento contínuo dos satélites, calcular suas posições, transmitir os dados e executar a supervisão necessária de modo a garantir o controle de todos os satélites do sistema (SEBEM, 2010). Essas estruturas são compostas por:

- I) Estação de Controle Mestre (*Master Station*): responsável por receber e enviar informações para calcular e corrigir o posicionamento dos satélites americanos;
- II) Antenas de Controle (*Ground Antennas*): responsáveis por transmitir e captar os dados de qualquer satélite;
- III) Locais de monitoramento (*Control Stations*): responsáveis por rastrear todos os satélites visíveis, recolhendo dados atmosféricos, medições e sinais de navegação, transmitindo os dados para a Estação de Controle Mestre.

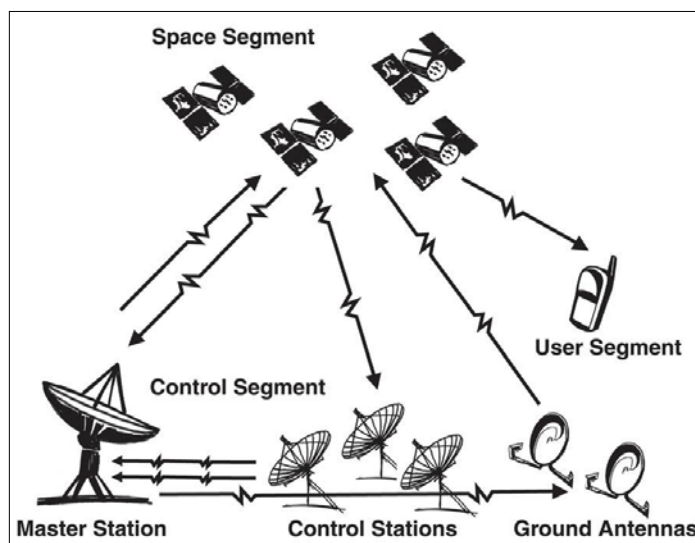


Figura 4 – Esquema de comunicação entre os segmentos GPS.
 Fonte: <shivkumardas.wordpress.com>. Acesso: 02 jun. 2015.

2.2.1.3 Segmento de Usuários

O segmento usuário compreende as várias modalidades de receptores de sinais e todos os sistemas que permitem receber e converter o sinal em posição, velocidade e tempo, como: tipos de antenas, softwares e sistemas de comunicação, como o de rádio e o de telefonia (SILVA, 2002).

O mais importante para o usuário na escolha do tipo de receptor, é saber claramente a aplicação a que se objetiva e a precisão que é desejada (MONICO, 2000).

2.2.2 Funcionamento do Sistema GPS

O princípio básico para se obter nossa posição sobre a superfície terrestre (posicionamento) a partir de observações GPS, se dá através do simultâneo cálculo entre as distâncias de um receptor e quatro satélites artificiais, partindo de coordenadas conhecidas dos quatro satélites (LOCH, 2007).

Essas distâncias são chamadas de “distâncias espaciais”, e são determinadas através da medição do tempo necessário para que os sinais enviados do satélite, viajando na velocidade da luz (299.792.458 metros por segundo), atinjam nossa posição. Logo, esse tempo é multiplicado pela velocidade da luz e se obtém a distância, denominada pseudodistância, pelo fato de existirem erros inerentes a diferenças de tempo. Por esta razão, medem-se as distâncias de quatro ou mais satélites, permitindo assim eliminar o erro, se este for ocasionado por esta natureza (MCCORMAC, 2010).

2.2.3 Sistemas de coordenadas GPS

Os sistemas de coordenadas foram propostos para que se fosse possível determinar a localização precisa de pontos na superfície terrestre, podendo esses serem descritos por: Sistema de Coordenadas Geográficas e Sistema Universal Transverso de Mercator – UTM (CARVALHO, 2008).

No sistema GPS, as posições são determinadas em coordenadas cartesianas retangulares X, Y, Z, tendo como origem o centro de massa da Terra (0, 0, 0), posteriormente convertendo-as em coordenadas elipsóidicas expressas por latitude, longitude e altura elipsoidal (SEBEM, 2010). Contudo Loch (2007), diz que todos os levantamentos devem estar relacionados a um único sistema de referência, onde devesse transformar as coordenadas elipsóidicas em coordenadas plano-retangulares (métricas), através da aplicação do sistema de projeção UTM. De maneira geral, o sistema UTM é mais fácil de ser utilizado que o sistema de coordenadas geográficas, pois projeta seções do globo sobre um plano, em lugar de projetar uma grade imaginária de linhas que se cruzam sobre o globo terrestre (CARVALHO, 2008).

2.2.4 Métodos de posicionamento

O posicionamento através do sistema GPS pode ser realizado através de diversas técnicas e observáveis, fornecendo níveis de precisão que oscilam entre dezenas de metros até

milímetros. Os métodos de posicionamento podem ser classificados como absoluto e relativo (IBGE, 2008).

O posicionamento absoluto requer a utilização de apenas um receptor, podendo gerar pontos na forma estática ou cinemática, desenvolvido para ser executado em tempo real. No posicionamento relativo, as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado através de uma ou mais bases de coordenadas conhecidas. A recepção de sinais dos satélites acontece de forma simultânea em pelo menos dois receptores. Há ainda um sistema de posicionamento concebido para contornar degradações de sinal no posicionamento absoluto, utilizando pelo menos dois receptores, um como base, gerando correções diferenciais, e outro móvel, utilizado na navegação (MACHADO, 2008). A precisão concebida pelos tipos de posicionamento listados pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1 – Precisão das técnicas de posicionamento.

	Técnica	Observação	Precisão
Absoluto	Convencional	Pseudodistância	15,3 m
	Correção diferencial	Pseudodistância e fase	0,02 m
Relativo	Estático	DD Pseudodistância e fase	0,01 a 1 ppm
	Estático-rápido	DD Pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Semicinemático	DD Pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Cinemático	DD Pseudodistância e fase	1 a 10 ppm

Fonte: IBGE (2008, p.11).

2.3 Acurácia e Precisão

Segundo Machado (2008), a precisão está relacionada com a variação do valor medido repetidamente sob mesmas condições experimentais em torno do valor médio observado, enquanto que acurácia relaciona-se com a exatidão da medida, o quão próximo está o valor medido do valor verdadeiro. Sebem (2010), complementa, indicando que a precisão se relaciona ao grau de perfeição dos instrumentos e métodos utilizados para obter os resultados, enquanto a acurácia expressa a qualidade do resultado. Esses conceitos são melhor compreendidos visualizando a figura 5.

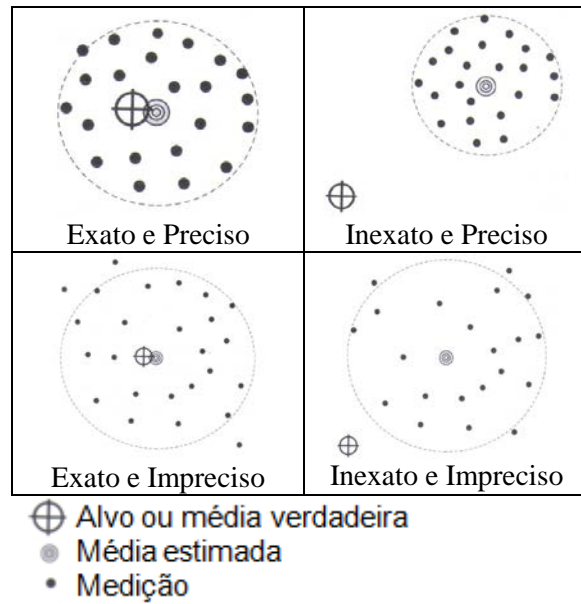


Figura 5 – Conceitos de exatidão (acurácia) e precisão.
 Fonte: Miranda (2010, p.185).

2.4 A-GPS

O *Assisted GPS* (A-GPS), ou GPS assistido, pode ser definido como uma versão melhorada do sistema GPS, e foi criado para localizar os satélites com mais rapidez e confiabilidade através de conexões de internet como 3G e GPRS (SOUZA, 2012). Shinohara (2013), o define como um sistema híbrido concebido com o intuito de atenuar os problemas causados pelas perdas de sinal GPS em áreas urbanas.

Esse sistema permite que as informações de localização não sejam adquiridas somente pelos satélites, mas também com o auxílio de antenas de comunicação das operadoras de rede de telefonia. A operadora de telefonia móvel (Figura 6) possui servidores A-GPS equipados com receptores GPS de referência, que baixam previamente as informações orbitais do satélite e as armazenam em bancos de dados. Assim, quando um smartphone equipado com A-GPS solicita a sua localização, ele se conecta a este servidor através de uma conexão de dados (internet móvel) e adquire essas informações, reduzindo a quantidade de processamento do terminal, pois os dados já foram calculados e computados pelo servidor A-GPS, e com isso, o tempo para iniciar as funções de cálculo de localização é reduzido para segundos (DJUKNIC; RICTHON, 2001).

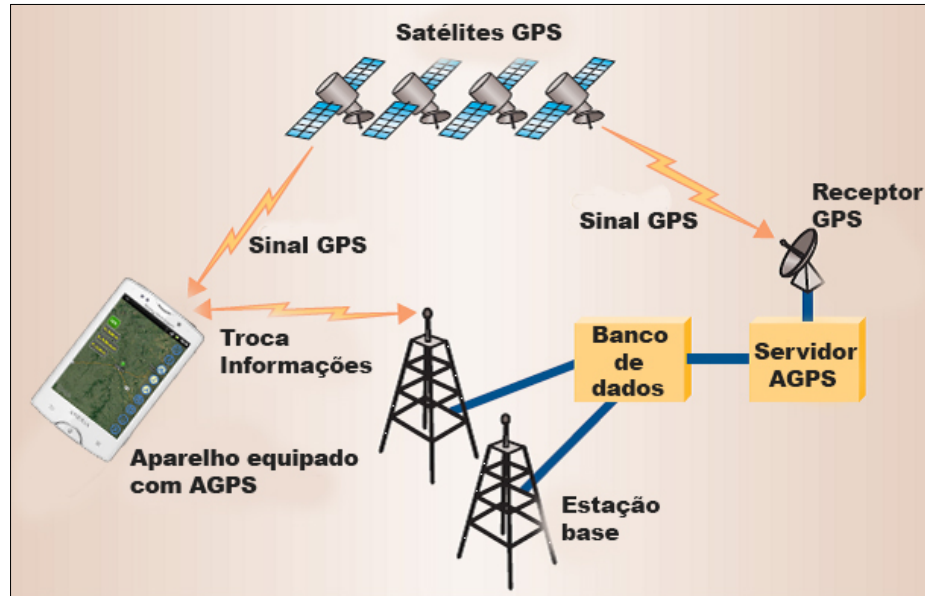


Figura 6 – Conceitos do GPS assistido (A-GPS).
 Fonte: Lopes *et al.* (2014, p.18).

O A-GPS descreve assim um sistema onde fontes externas (Servidor A-GPS) tem a capacidade de acessar a informação proveniente da rede de referência (rede de telefonia móvel) que dispõe de poder computacional muito superior ao do receptor GPS, operando assim de forma mais rápida e eficiente que um receptor GPS não assistido (VAZ, 2009).

2.5 Sistema de Telefonia Móvel

O sistema de telefonia móvel funciona através de um sistema simultâneo de transmissão e recepção de rádio. O ponto chave na distribuição e acesso dos serviços da rede móvel está na localização e instalação das estações rádio-base (ERB's), devendo ser instaladas de modo a cobrir o número máximo possível de regiões onde se deseja oferecer os serviços. Esta distribuição depende do número de possíveis assinantes, que determinarão a viabilidade do ponto de acesso. Sobre a torre de ERB há uma antena instalada com certo raio de alcance, formando uma região circular, denominada célula. Para que haja boa cobertura em uma região deve-se fazer sobreposição de células. Quando um aparelho celular se afasta demais de uma determinada ERB e o sinal cai abaixo do valor mínimo permitido, inicia-se então a procura de

outra ERB mais próxima, com sinal mais intenso, esse processo de redirecionamento é chamado de Handoff (SILVA, 2006).

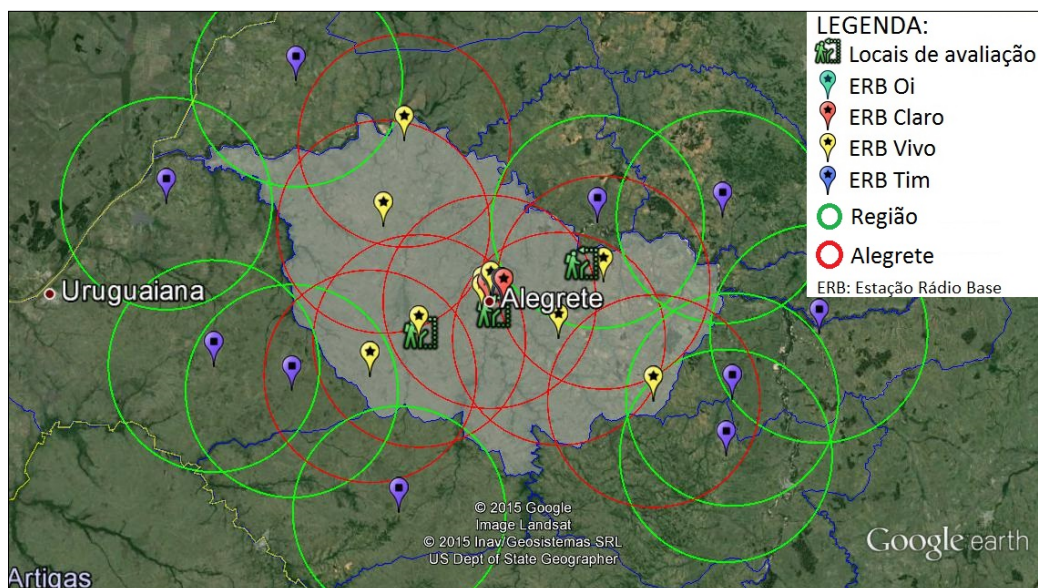


Figura 7 – Conjunto de células ou estações rádio base – Alegreite/RS.

Fonte: O autor.

O tamanho máximo de uma célula para o sistema GSM900 é de até 35 km de raio (CARNEIRO, 2009). Quanto mais usuários utilizarem essas células, menor deve ser esse raio, de modo a manter a qualidade de sinal para o funcionamento do sistema. Na figura 7 é ilustrada a cobertura do sistema de telefonia móvel de Alegreite – RS, teoricamente com células de raio igual a 30 km.

2.6 Smartphones

Os avanços nas tecnologias móveis e a aplicação constante das mesmas nos mais distintos setores da sociedade nos remetem a uma nova era, a da revolução móvel (MOURA, 2011). Essa ideia fica evidente quando se observam as sucessivas transições do smartphone em um curto espaço de tempo, pois atualmente vem sendo um dos maiores difusores de tecnologia,

tomando nova aparência a cada trimestre, deixando de ser apenas celular multifuncional, com aplicações básicas, passando agora a ferramenta inteligente, capaz de se adaptar à rotina de seus usuários, sempre ao alcance das mãos, onde quer que se esteja.

Dados da *International Data Corporation* (IDC, 2015) evidenciam a grande importância que o smartphone apresenta para seus usuários, atingindo a marca de 334,4 milhões de unidades vendidas no mundo no 1º trimestre de 2015, superando em 16,0% as vendas do 1º trimestre de 2014 (288,3 milhões de unidades). A empresa ressalta ainda que no Brasil em 2014 foram vendidas 104 unidades de smartphones por minuto, mostrando que mesmo em um ambiente econômico desfavorável o dispositivo segue somando popularidade.

2.7 Aplicativo Planimeter GPS measure

O aplicativo Planimeter[®] GPS Área Measure, utilizado principalmente para obter medidas de distância e área, é um, em meio a centenas de sua categoria, que se mostra com nível excelente de aceitação (4.4 / 5), isso devido a sua facilidade de utilização (Figura 8) e positivos depoimentos de usuários a respeito de sua eficácia em atividades corriqueiras no dia-a-dia do agricultor.

Encontra-se disponível a um custo de R\$ 4,99 na Google Play Store[®] (loja virtual do Android[®]) e U\$\$ 7,99 na App Store (loja virtual da Apple).

Os requisitos básicos necessários para que o aplicativo Planimeter[®] rode em um smartphone são: no mínimo Android[®] versão 2.0 ou iOS versão 5.1.1, aplicativo Google Maps[®], tecnologia A-GPS e um plano de dados de internet móvel. A tabela 2, a seguir, demonstra alguns dos pacotes de dados disponibilizados pelas quatro principais operadoras de telefonia móvel do Brasil:

Tabela 2 – Pacotes de dados pré-pagos.

Vivo®		Claro®		Oi®		Tim®	
30 MB	R\$0,99/dia	30 MB	R\$0,99/dia	20 MB	R\$0,99/dia	50 MB	R\$0,99/dia
60 MB	R\$3,49/semana	65 MB	R\$1,99/dia	100 MB	R\$2,49/dia	100 MB	R\$1,99/dia
200 MB	R\$6,99/semana	250 MB	R\$7,99/semana	75 MB	R\$3,49/semana	200 MB	R\$2,99/dia
250 MB	R\$17,99/mês	800 MB	R\$9,99/semana	200 MB	R\$9,99/mês	500 MB	R\$19,00/mês
400 MB	R\$23,99/mês	150 MB	R\$6,90/mês	400 MB	R\$19,99/mês	1 GB	R\$29,00/mês
600 MB	R\$29,99/mês	600 MB	R\$19,90/mês	1 GB	R\$34,99/mês	3 GB	R\$59,00/mês

Fontes: Página web oficial da Vivo®, Claro®, Oi® e Tim® (2016).



Figura 8 – Interface do aplicativo Planimeter®.

Fonte: Lopes et al. (2014, p.18).

Inicialmente, smartphones não vinham equipados com sistema GPS devido ao seu alto custo. Logo, não era comum o desenvolvimento de aplicativos para este fim. Hoje o GPS já é integrado à sua grande maioria, sendo que uma parcela representativa destes, conta com a opção de assistência da rede de telefonia (RODRIGUES, 2009). Com isso, desde os principais desenvolvedores de receptores GPS, como a Garmin², estão se inserindo na criação de aplicativos de navegação GPS para smartphones (QUARESMA, 2011).

² A citação de marcas comerciais não implica em recomendação ou não das mesmas pelo autor.

3 METODOLOGIA

3.1 Local

Os experimentos foram conduzidos no município de Alegrete - RS, em área urbana, localizada entre os limites do campus da Fundação Universidade Federal do Pampa (Unipampa), cujas coordenadas geográficas são: Latitude $29^{\circ}47'26''$ S e Longitude $55^{\circ}46'1''$ W (Figura 9).

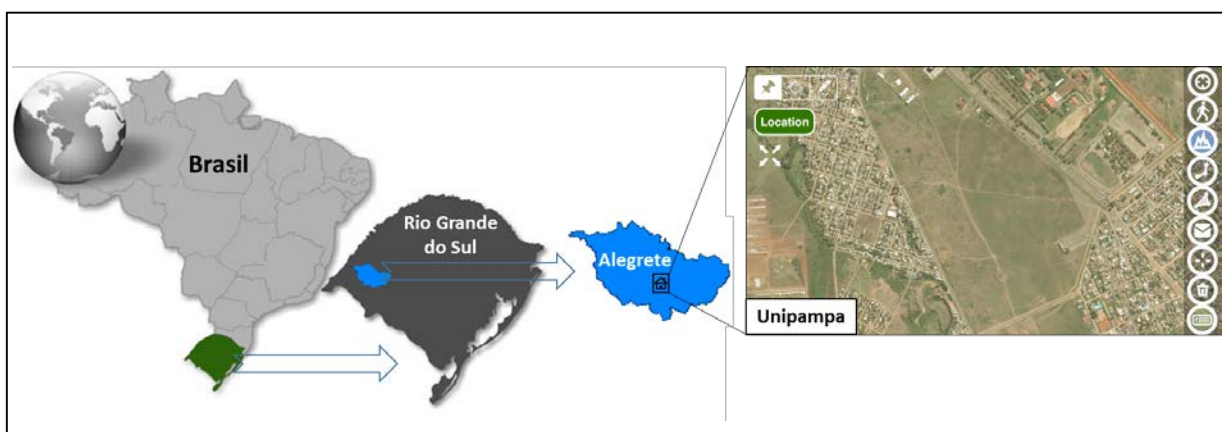


Figura 9 – Localização da área experimental do trabalho.
Fonte: O autor.

3.2 Equipamentos

Ao longo da execução das atividades do projeto foram utilizados os seguintes equipamentos: estação total, receptores GPS L1, smartphones equipados com plano de internet VIVO[®] 3G e aplicativo Planimeter[®], diastímetro (trena), balizas e softwares: Google Earth, GNSS Solutions, ProGrid, AutoCAD, Microsoft Office Excel e ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3.3 Tratamentos

Para compor os tratamentos, foram avaliados: diferentes dispositivos, para avaliar a realidade de cada modelo de smartphone, comparando-os com equipamentos desenvolvidos propriamente para esta atividade; e distintas dimensões de área, para simular diferentes atribuições. A figura 10 apresenta o fluxograma com as avaliações executadas ao longo do trabalho.

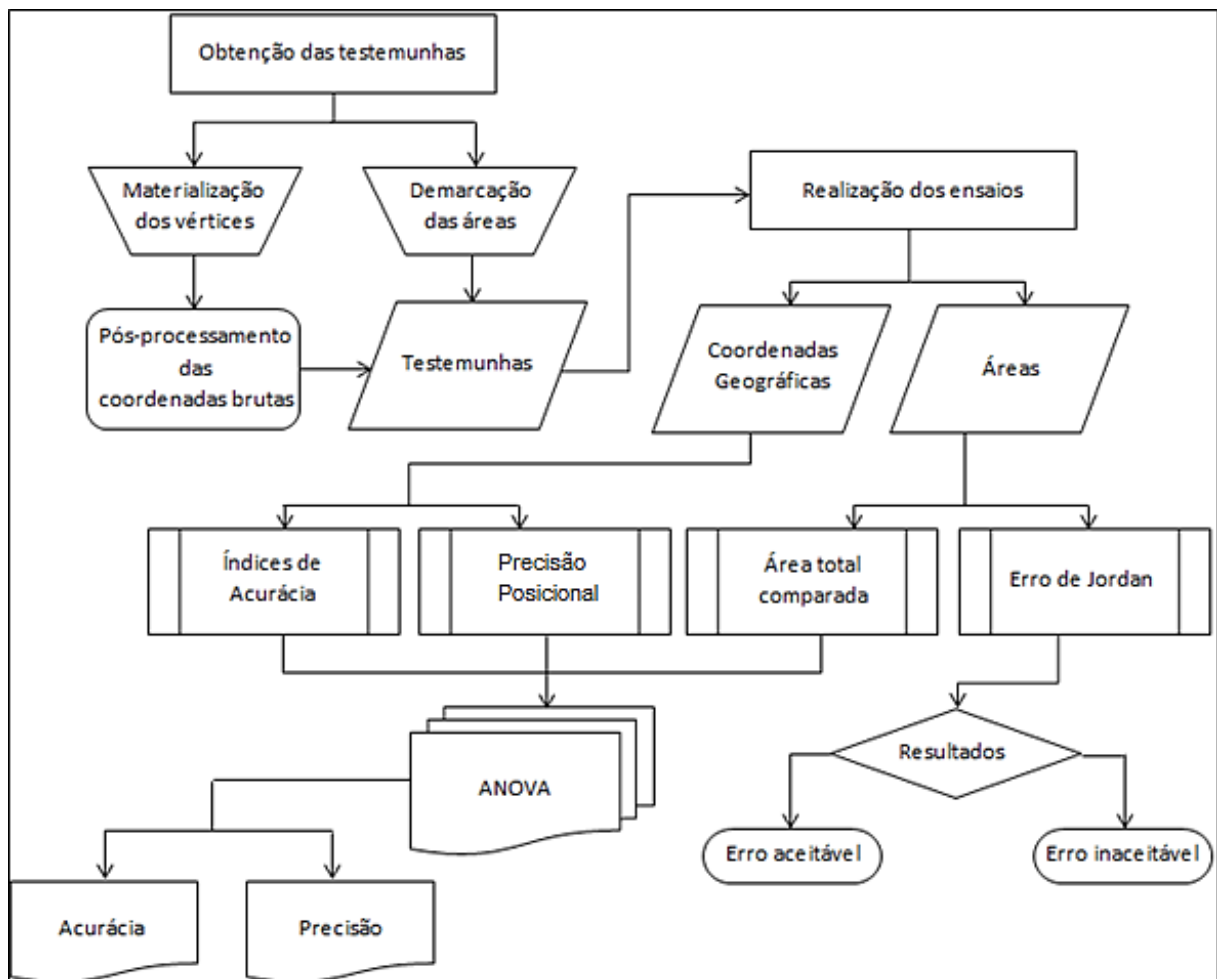


Figura 10 – Fluxograma de avaliações para determinação dos índices de acurácia, precisão e erro de Jordan.

Fonte: O autor.

3.4 Experimentos estáticos de receptores avaliando acurácia e precisão

3.4.1 Execução experimental

Na primeira etapa do projeto, foram avaliados índices de acurácia e precisão de três receptores: receptor GPS L1 topográfico com precisão horizontal $0,005 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$ (receptor A - testemunha), receptor GPS L1 de navegação com precisão $< 15 \text{ metros RMSm } 95\%$ (receptor B), smartphone com plataforma Android™ versão 5.0.2 Lollipop (receptor C) e smartphone com plataforma iOS versão 10.0.2 (receptor D). Com delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3×8 (3 dispositivos x 8 vértices), com três repetições, totalizando 72 observações.

3.4.2 Obtenção das testemunhas

Esta etapa do trabalho consistiu em materializar na área experimental, uma linha com oito (8) pontos espaçados de 50 em 50 metros, objetivando inicialmente obter a posição planimétrica de cada um, através da determinação de suas coordenadas Leste (E) e Norte (N), para posteriormente determinar os índices de acuraria e precisão de cada receptor utilizado como tratamento, utilizando para isto a média geral de todos os pontos.

Neste sentido, foi feito o reconhecimento da área experimental, buscando um local para locar a linha de pontos, de modo que a mesma fosse posicionada perpendicular a direção da estação RBMC Alegrete (RSAL), usada como base para os levantamentos no pós-processamento dos pontos testemunha (Figura 11), obtendo desta maneira, vetores com comprimento regular, entre a base e os pontos.

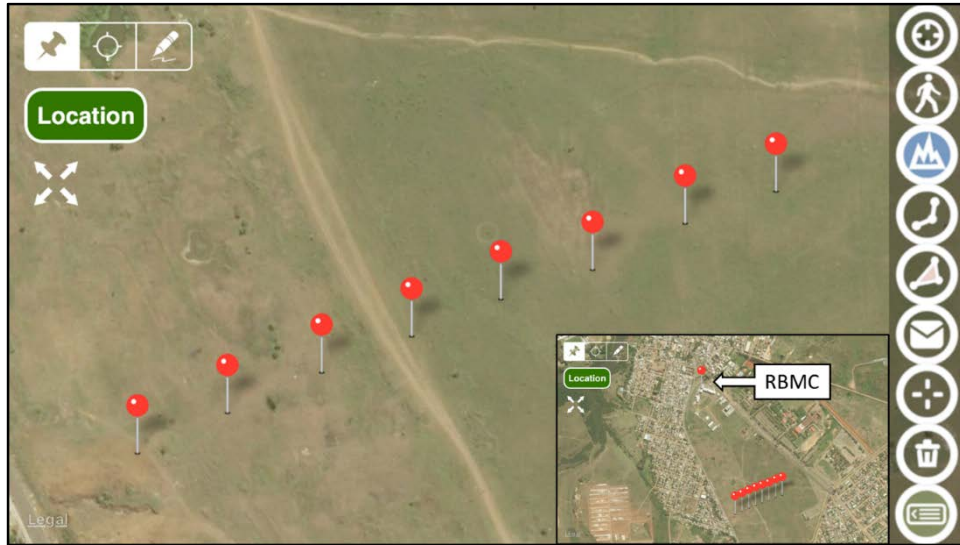


Figura 11 – Croqui experimental da distribuição dos pontos no aplicativo Planimeter.
Fonte: O autor.

Os pontos foram materializados através de cravação de estacas no solo, de modo que ficassem aflorados cerca de 0,05 m em superfície.

Para garantir melhor precisão do posicionamento, foi inserido em cada estaca um prego de 3,3 x 50 mm em sua extremidade (Figura 12), permitindo o alinhamento acurado das antenas dos receptores sobre o ponto observado, ao longo dos levantamentos.



Figura 12 – Materialização dos pontos testemunha.
Fonte: O autor.

Para garantir o posicionamento linear e espaçamento constante entre os pontos, contou-se com o auxílio de balizas e trena (diastímetro) no momento da locação, distanciando aproximadamente 50 metros um do outro.

Para efeitos de comparação, a determinação das testemunhas foi realizada com o receptor A, podendo este alcançar precisão horizontal de $0,005 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$, quando pós-processado. Neste sentido, deve-se associar a este equipamento um método de posicionamento adequado, que proporcione também boa precisão e confiabilidade no levantamento.

Logo, buscou-se na literatura pelo método que melhor se enquadrava com a precisão oferecida pelo receptor, optando pelo uso de “posicionamento relativo estático” com tempo de observação de vinte (20) minutos, oferecendo este, precisões entre 5 e 10 mm com equipamento L1 (IBGE, 2008).

No posicionamento relativo, torna-se necessário utilizar como base para os levantamentos, um ou mais vértices de coordenadas conhecidas (referência), para que assim possam ser determinados os vértices de interesse (INCRA, 2013). Neste sentido, utilizou-se como base para o levantamento das testemunhas a estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo de Alegrete - RS, que por ventura fica localizada também dentro dos limites da Fundação Universidade Federal do Pampa.

Previamente a data das coletas, fez-se o ajuste da configuração do receptor A atendendo às características da região e do tipo de levantamento (Tabela 3), bem como, o carregamento de sua bateria original e de uma reserva.

Tabela 3 – Pré-configurações para o levantamento.

	Receptor A
Tipo de antena	NAP100
Orientação da carta	Norte cima
Utilização	Terrestre
Sistema de coordenadas	UTM
Datum	WGS84
Sistema de unidades	km/m/kph/hectares
Norte referência	Real

Fonte: O autor.

Feitos todos os ajustes, partiu-se então para a realização dos levantamentos dos pontos testemunha, ocupando cada um dos oito (8) pontos por 20 minutos ininterruptos.

Para isso, realizou-se no próprio local a montagem do equipamento, constituído basicamente por: receptor GPS, cabo e antena externa, bastão da antena, tripé e suporte para fixar o receptor ao bastão.

Realizada a montagem destes elementos, posiciona-se o bastão sobre o ponto de interesse, nivelando o mesmo com o auxílio do nível de bolha e regulagem das pernas do tripé (Figura 13).



Figura 13 – Nivelamento do equipamento sobre o ponto de interesse.

Fonte: O autor.

Com o equipamento devidamente nivelado, garantindo a posição vertical da antena externa, pode-se então inicializar o GPS.

No momento que o receptor esteve-se rastreado um número suficiente de satélites (Figura 14a), informavam-se algumas definições do levantamento, como: altura inclinada da antena (Figura 14b), intervalo de aquisição de dados (1 segundo), tipo de levantamento (estático), e era iniciada a coleta dos dados.

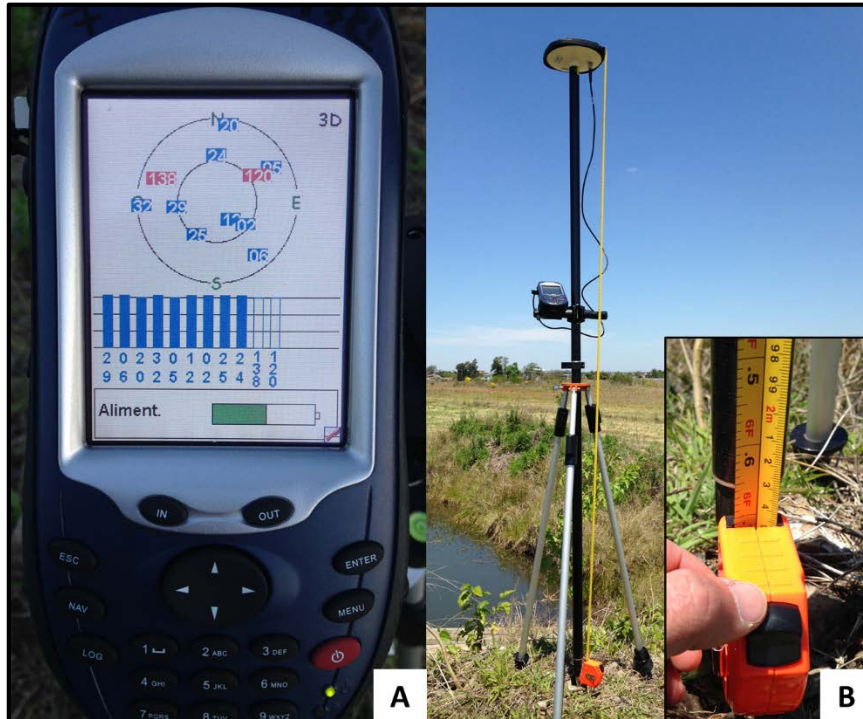


Figura 14 – Rastreamento GPS e altura inclinada da antena (receptor A - topográfico).
Fonte: O autor.

Repetiram-se os mesmos procedimentos para todos os pontos, nomeando-os conforme a sequência do levantamento. Ao final das coletas, os dados brutos armazenados no receptor foram importados para um computador, para posterior processamento. Para o pós-processamento dos dados brutos foi utilizado o software GNSS Solutions.

Foi necessário para a realização desta atividade, obter os dados da estação de referência, ocupados na mesma data das coletas a campo. Estes podem ser concebidos acessando a página oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Na página são disponibilizados dois arquivos: relatório da estação e dados de observação. Necessitando realizar o download dos dois para o computador. Estes arquivos permitirão comparar as posições coletadas simultaneamente entre a estação de monitoramento contínuo e as ocupações dos pontos coletados pelo receptor móvel (Figura 15).

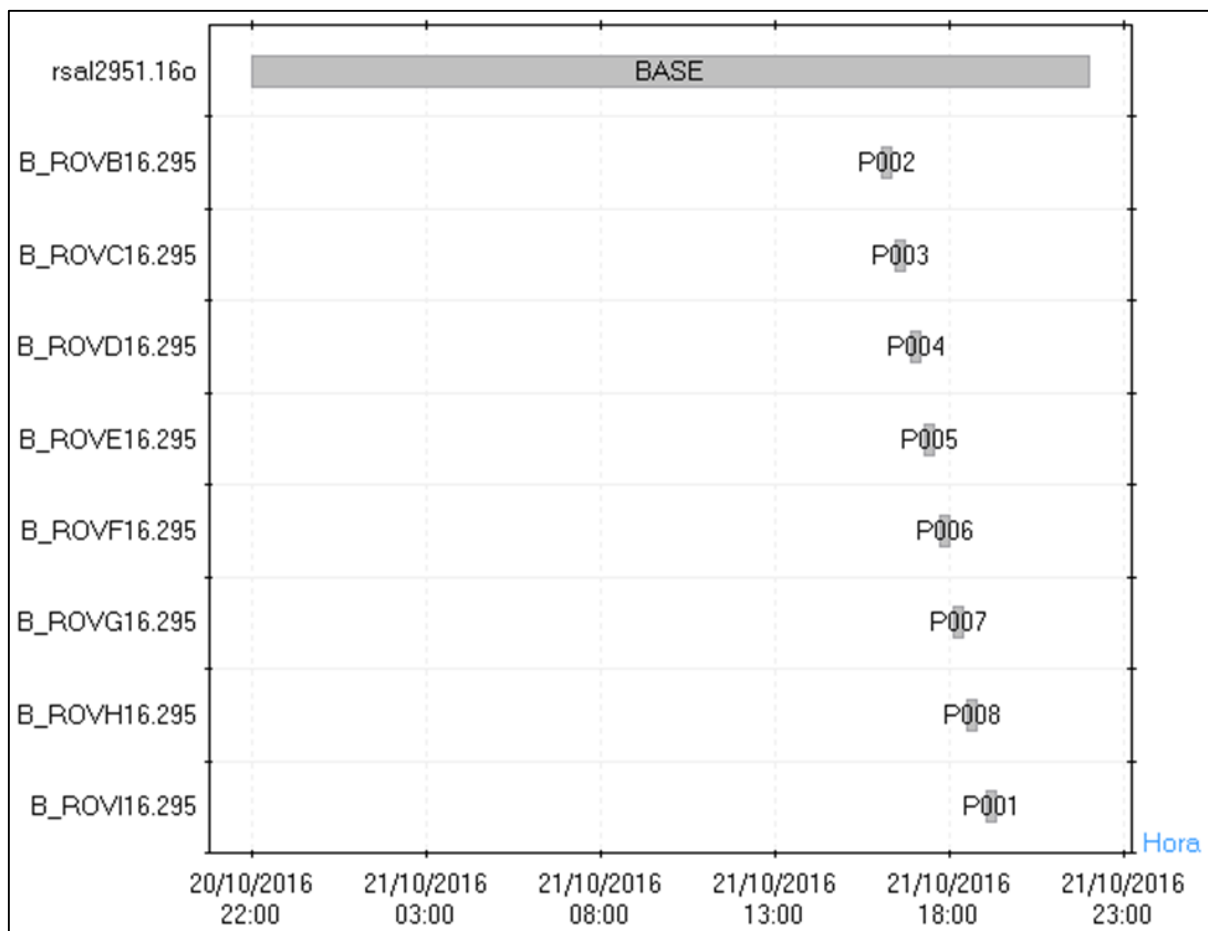


Figura 15 – Análise simultânea de observações entre base e pontos no software GNSS Solutions.

Fonte: O autor.

No GNSS Solutions o procedimento de ajustamento das coordenadas pode ser resumido basicamente em cinco (5) etapas: Criar e configurar o projeto; Importar e editar dados da base; Importar e editar dados do móvel; Configurar e processar os dados; e, Emitir relatório com os dados do processamento.

Desta forma, de posse dos arquivos da base RBMC e com os dados brutos importados do receptor A, fez-se o pós-processamento dos pontos testemunha, calculando seus vetores de linha-base (Figura 16).

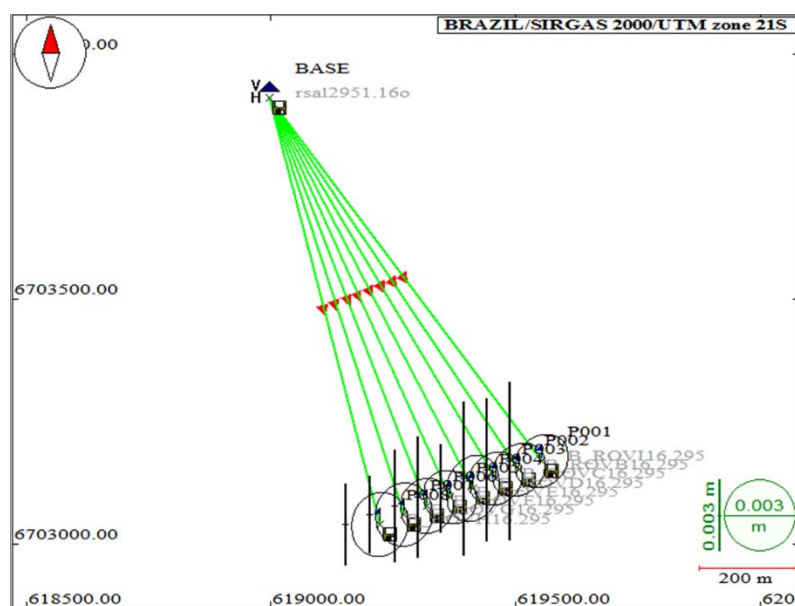


Figura 16 – Cálculo dos vetores linha-base no software GNSS Solutions.

Fonte: O autor.

Após o pós-processamento das observáveis obtiveram-se finalmente as posições Leste e Norte de cada ponto testemunha (Tabela 4).

Tabela 4 – Visão Geral de Levantamento e Processamento dos Pontos.

Identificação do vetor	Satélites Visíveis	PDOP	Solução da Ambiguidade	Coordenadas	Erro 95%
RSAL - P1	7	2,3	Fixo	E 619553,148 N 6703168,938	0,002 0,002
RSAL - P2	8	3,1	Fixo	E 619506,132 N 6703150,692	0,002 0,002
RSAL - P3	8	2,1	Fixo	E 619459,189 N 6703132,360	0,002 0,002
RSAL - P4	8	2,0	Fixo	E 619412,317 N 6703114,057	0,002 0,002
RSAL - P5	8	1,8	Fixo	E 619365,315 N 6703095,694	0,002 0,002
RSAL - P6	7	2,2	Fixo	E 619318,257 N 6703077,357	0,002 0,002
RSAL - P7	6	3,1	Fixo	E 619270,989 N 6703058,811	0,002 0,002
RSAL - P8	8	2,4	Fixo	E 619223,430 N 6703040,089	0,002 0,002

Fonte: O autor.

3.4.3 Levantamentos com receptores B, C e D

Para dar início aos levantamentos com os demais receptores, inicialmente foram realizadas as configurações básicas dos dispositivos, de modo a garantir a comparabilidade das observáveis, ou mesmo, facilitar suas conversões nas etapas seguintes do trabalho. As predefinições usadas nos dispositivos são observadas na tabela 5, a seguir.

Tabela 5 – Predefinições adotadas para os levantamentos.

Configurações		
Receptor B	Formato de hora	24 horas
	Formato de posição	UTM
	Datum do mapa	WGS84
	Unidade	Metros
	Norte de referência	Verdadeiro
Receptor C e D	Formato de coordenadas	Graus decimais
	Precisão da localização	5 metros
	Unidade	Metros

Fonte: O autor.

A metodologia escolhida para realizar os levantamentos dos pontos com os receptores B, C e D, foi a de posicionamento por ponto simples, conhecida também como posicionamento absoluto. Neste tipo de levantamento a posição é determinada instantaneamente e em tempo real, sobre o ponto de interesse.

Contudo, neste trabalho foi realizada a ocupação de cada ponto, permanecendo sobre o mesmo durante um intervalo de dois minutos, fazendo manualmente o registro na memória de cada dispositivo, somente após decorrido este tempo.

Arbitrou-se este intervalo com o intuito de promover melhor estabilidade na aquisição da localização, pois observa-se que após alguns segundos de rastreamento, o marcador estabiliza sua posição na tela dos dispositivos, evidenciando assim um cenário de possível melhoria de qualidade nas coordenadas resultantes.

Estabelecidos estes conceitos, pôde-se então dirigir-se às coletas, utilizando para isso uma estrutura com adaptações, em relação a estrutura usada na obtenção das testemunhas.

Foram utilizados como apoio para os levantamentos, um bipé para bastão e um suporte de campo, utilizado como base para a ocupação dos receptores sobre os pontos, conforme figura 17.



Figura 17 – Estrutura de apoio para as coletas.
Fonte: O autor.

Quando posiciona-se o bastão exatamente sobre a extremidade do prego, nota-se pela figura, que o receptor fica desalinhado verticalmente do ponto de interesse.

No caso do receptor A, a localização era baseada no posicionamento da antena externa sobre o ponto, diferentemente dos demais receptores. Nestes a localização é determinada pelo alinhamento vertical com sua antena interna.

Logo, anteriormente a data das coletas, foi mensurado com o auxílio de um “prumo”, o desvio entre o centro do bastão e o centro do suporte, compensando este valor ao realizar as observações (Figura 18).

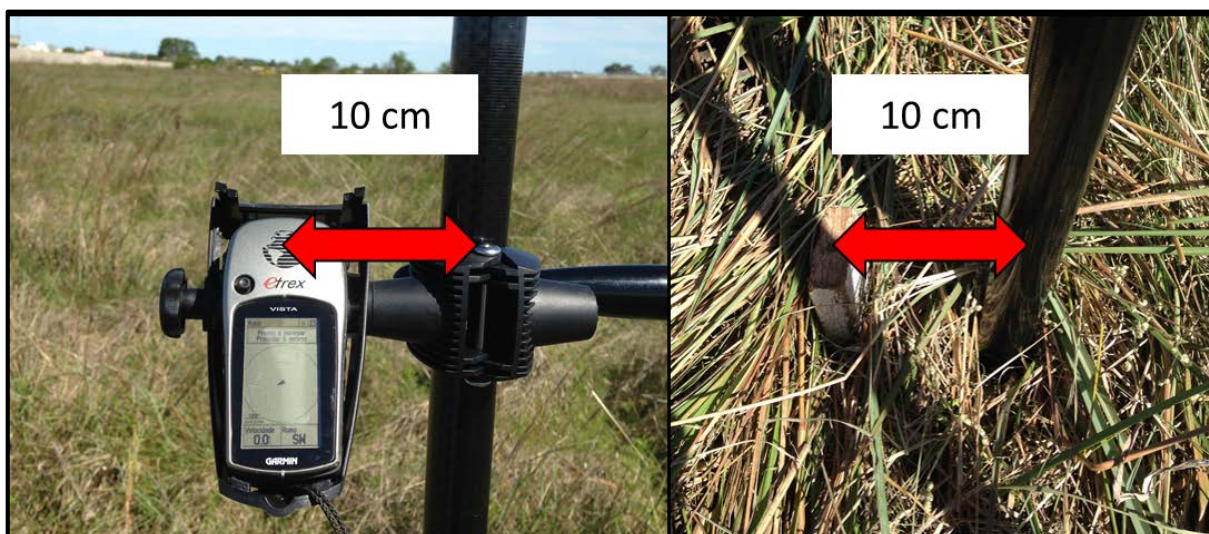


Figura 18 – Posicionamento correto do equipamento.

Fonte: O autor.

Seguindo esta mesma metodologia para as observações com os três receptores (B, C e D), foi feito o levantamento de todos os pontos em um único dia, realizando mais dois ciclos de coletas, de modo a satisfazer as três (3) repetições.

Os dados brutos armazenados na memória interna de cada receptor foram importados para um computador, para posterior processamento.

3.4.4 Processamento e Análise dos dados

Nesta etapa, os dados brutos foram tratados de modo a obter coordenadas finais no sistema métrico, na projeção Universal Transverso de Mercator (UTM).

Para isso, fez-se a conversão em massa das coordenadas brutas, passando-as do tipo geográfico (grau decimal) para UTM (metro), utilizando para este fim o software ProGrid, disponível para download na página oficial do IBGE.

As novas coordenadas contidas no arquivo gerado pela conversão, foram copiadas para uma planilha no software Microsoft Office Excel, e submetidas posteriormente às formulações propostas nas avaliações.

Neste contexto, para compor as avaliações, foram calculados índices de acurácia e precisão, conforme modelos matemáticos propostos na NTGAR (2013), e por Cappelli et al. (2006), em um estudo analisando o desempenho comparativo entre receptores GPS operando em modo estático, da Equação 1 a 9 descritas abaixo.

✓ Cálculo das coordenadas médias

As coordenadas médias serão calculadas através das Equações 1 e 2.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (2)$$

em que:

\bar{X}, \bar{Y} = médias dos valores Leste e Norte das coordenadas [m];

X_i, Y_i = i-ésimas medições dos valores Leste e Norte das coordenadas [m];

n = número total de medições.

✓ Índices de acurácia

Os índices de acurácia de posicionamento para as coordenadas Leste e Norte, isoladas, e o erro radial serão estimados através das Equações 3, 4 e 5.

$$x = X_i - \bar{X} \quad (3)$$

$$y = Y_i - \bar{Y} \quad (4)$$

$$ER = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (5)$$

em que:

x, y = diferença entre as i -ésimas medições das coordenadas Leste e Norte e suas coordenadas médias;

ER = Erro radial de posicionamento [m].

A combinação dos índices de acurácia em um único índice é que definirá a acurácia em si, e será estimada através da Equação 6.

$$IA = \sqrt{(X_r - \bar{X})^2 + (Y_r - \bar{Y})^2} \quad (6)$$

em que:

IA = índice de acurácia [m];

X_r e Y_r = coordenadas Leste e Norte obtidas no georreferenciamento dos pontos.

✓ Índices de precisão

Para quantificar a precisão da distribuição dos pontos levantados, foi utilizado como parâmetro o cálculo da precisão posicional.

Para isso, previamente foram calculados os desvios padrão dos valores medidos a Leste e Norte nos pares ordenados, através das Equações 7 e 8.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (7)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}} \quad (8)$$

em que:

σ_x e σ_y = desvios padrão lineares das coordenadas Leste e Norte [m].

A precisão posicional é estabelecida como padrão de precisão na Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (2013), sendo esta calculada em função de σ_x e σ_y , como mostra a Equação 9.

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (9)$$

em que:

σ_p = precisão posicional [m].

Os valores de índice de acurácia (IA) e precisão posicional (σ_p) foram tomados como parâmetro indicativo de acurácia e precisão neste trabalho. Logo, seus valores foram submetidos a análise da variância (ANOVA) e suas médias comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, através do auxílio do programa estatístico ASSISTAT[®] (SILVA & AZEVEDO, 2009).

3.5 Experimentos de estimativa de áreas

3.5.1 Execução experimental

Nesta etapa do projeto foram avaliados cinco dispositivos de levantamento planimétrico: estação total com precisão angular de 7", e linear de 1,5 mm + 2 ppm (testemunha), e receptores A, B, C e D, em cinco dimensões arbitrárias de área, formuladas no entorno da área experimental do curso de Engenharia Agrícola da UNIPAMPA. Com delineamento estatístico em esquema fatorial 4x5 (4 dispositivos x 5 áreas), com três repetições, totalizando 60 tratamentos.

Os levantamentos planimétricos realizados para a aquisição das testemunhas foram executados conforme os critérios descritos na norma regulamentadora NBR 13133 (1994), para a execução de levantamentos topográficos.

3.5.2 Obtenção das testemunhas

Previamente às avaliações, foi realizado o reconhecimento do terreno, levando em consideração a melhor possibilidade de locação dos vértices, de modo que fossem atendidas condições semelhantes de geometria para as cinco dimensões de área que compõe os tratamentos. Neste sentido, optou-se pelo uso de superfícies com forma trapezoidal, no intuito de acompanhar o alinhamento dos limites da área do campus, permitindo usar a maior área possível, com o mínimo de impedimentos para o caminhamento perimétrico da poligonal ao longo da realização dos levantamentos (Figura 19).



Figura 19 – Croqui experimental dos vértices para concepção das testemunhas.
Fonte: O autor.

Definida a geometria das superfícies, o próximo passo realizado foi a demarcação arbitrária dos vértices, materializando-os provisoriamente no solo, através de barras de aço com 0,25 m de comprimento, cravadas de modo que afluassem 0,05 m em superfície. Para facilitar a localização dos mesmos, bem como, suas reocupações, as barras foram envoltas por fitas plásticas brancas, identificando também, com fitas verdes, muros e objetos nas suas imediações (Figura 20).



Figura 20 – Materialização dos vértices.
Fonte: O autor.

Uma vez demarcados e identificados os contornos da superfície a ser levantada, foram localizados dois pontos dentro da área, tais que pudessem ser visualizados todos os vértices materializados e identificados anteriormente. Estes pontos foram determinados como “pontos de apoio planimétrico”. Estes irão definir a linha de referência que serve como base para o levantamento das testemunhas. Onde um serve como ponto de partida (estação) e outro como ponto de referência (ré) para a estação total.

Neste sentido, torna-se necessário tomar conhecimento das coordenadas destes dois pontos de controle, para assim orientar a estação. Logo, com o auxílio do receptor A (L1), fez-

se o rastreamento dos pontos, por posicionamento relativo estático, com sessão de rastreamento de 60 minutos cada um (Figura 21), conforme parâmetros descritos pelo INCRA (2013).



Figura 21 – Rastreamento dos pontos de controle.
Fonte: O autor.

Para dar confiabilidade e maior aderência dos pontos de controle às suas coordenadas verdadeiras, foi realizado o processamento dos dados brutos de maneira análoga ao descrito no item 3.4, utilizando como base para os levantamentos a estação RBMC Alegrete (RSAL), instalada a aproximadamente 700 metros dos pontos.

Fez-se o processamento das observações GPS através do software GNSS Solutions, onde obtiveram-se os seguintes resultados (Tabela 6).

Tabela 6 – Visão Geral de Levantamento e Processamento dos Pontos de Controle.

Identificação do vetor	Satélites Visíveis	PDOP	Solução da Ambiguidade	Coordenadas	Erro 95%
RSAL - PC A	8	1,7	Fixo	E	619377,714
				N	6703075,117
RSAL - PC B	9	1,8	Fixo	E	619302,721
				N	6703297,100

Fonte: O autor.

Conhecidas as coordenadas, importou-se para a estação total os pontos de apoio, que serão responsáveis por amarrar ao terreno o levantamento planimétrico (Figura 22).



Figura 22 – Instalação e importação dos pontos de controle para a estação total.

Fonte: O autor.

Uma vez orientada, a estação pode trabalhar com o levantamento sem perder a orientação, calculando automaticamente as medições dos ângulos horizontais e das distâncias lineares dos vértices, e armazenando os dados em um sistema local de coordenadas que fica amarrado aos pontos de referência inicial.

Logo, realizou-se a varredura dos vértices com a estação instalada sobre o ponto com coordenadas de partida conhecida (PC A), irradiando com o auxílio de prisma primeiramente o ponto de referência (PC B), partindo posteriormente para o levantamento dos doze (12) vértices que compunham o croqui experimental, obtendo assim suas coordenadas.

Durante as coletas foi necessário realizar apenas um transporte de estação, em virtude da indisponibilidade de visada para um dos vértices (Vértice 8). Podendo ser verificado o detalhamento de todos os levantamentos na figura 23.

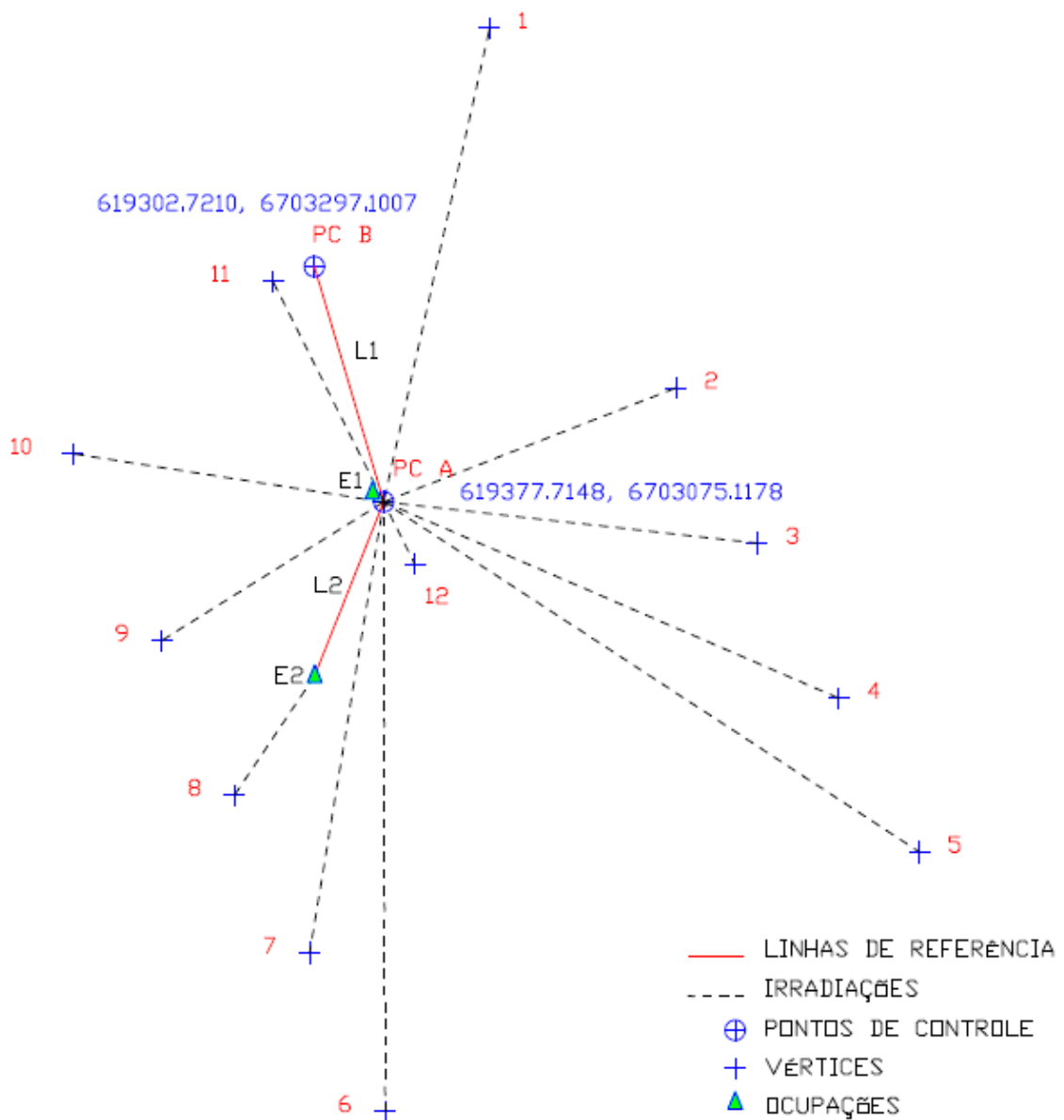


Figura 23 – Levantamento planimétrico dos vértices testemunha.

Fonte: O autor.

Após levantar todos os vértices necessários para compor as testemunhas, foram descarregados os dados da estação total em um computador via porta USB, e modeladas as áreas testemunha com o auxílio do software AutoCAD, obtendo assim suas respectivas dimensões, conforme tabela 7.

Tabela 7 – Estrutura e dimensões das áreas testemunha.

Identificação da Área	Vértices	Área	
		m ²	ha
A1	1, 5, 6 e 10	267.363,92	26,74
A2	1, 4, 7 e 10	209.797,17	20,98
A3	1, 3, 8 e 10	152.775,52	15,28
A4	1, 2, 9 e 10	97.036,24	9,70
A5	1, 2, 12 e 11	62.476,35	6,25

Fonte: O autor.

3.5.3 Levantamentos com receptores GPS e A-GPS

Previamente ao início das coletas com os receptores A, B, C e D, houve a preocupação em garantir condições ótimas de disponibilidade de sinal durante o rastreamento, no intuito de evitar encobrir a antena dos dispositivos móveis ao longo do caminhamento e durante as observações.

Neste sentido, foi construído um suporte que permitiu unir todo o conjunto de equipamentos em uma mesma unidade (Figura 24).



Figura 24 – Suporte de campo para coleta de dados e transporte dos receptores.
Fonte: O autor.

O suporte de campo adaptado à haste da antena externa do receptor L1, permitiu percorrer as poligonais com todos os equipamentos bem posicionados, acompanhando o alinhamento vertical da antena, angulados a aproximadamente 45° durante todo o percurso, fazendo com que a antena interna funcione da melhor forma (Figura 25), e sem que ocorressem obstruções e sombreamentos de natureza antrópica, permitindo realizar o levantamento por apenas um usuário, reduzindo assim erros sistemáticos.



Figura 25 – Posicionamento do conjunto durante caminhamento perimétrico das áreas.
Fonte: O autor.

Para as coletas dos vértices, foram utilizadas as mesmas configurações do item 3.4 para os receptores, implicando em mudanças apenas quanto aos métodos de posicionamento adotados.

Com o receptor A (topográfico) utilizou-se posicionamento relativo estático rápido, ocupando cada vértice com um tempo de rastreamento de cinco (5) minutos, este suficiente para atingir precisões entre 5 e 10 mm + 1ppm no pós-processamento (IBGE, 2008).

Para os demais receptores, utilizou-se posicionamento por ponto simples, ocupando cada vértice durante um intervalo de dois (2) minutos antes de registrar seu posicionamento instantâneo (em tempo real). Arbitrou-se este intervalo com o intuito de promover melhor estabilidade na aquisição da localização, pois observa-se que após alguns segundos de rastreamento o marcador estabiliza sua posição na tela dos dispositivos.

Os levantamentos das distintas áreas foram executados aleatoriamente, durante três (3) dias. Retomando por três vezes consecutivas o circuito de vértices descritos na tabela 7, de modo a atender as três repetições, totalizando um tempo médio de aproximadamente seis (6) horas ininterruptas de rastreamento para finalizar cada área.

Foi definida uma ordem de ocupação dos receptores a cada vértice, iniciando sempre com o receptor A. Este adquire sua posição através de antena externa, necessitando posicionar sua haste criteriosamente na posição vertical e sobre o ponto que se deseja aferir, como observado na figura 26.



Figura 26 – Ocupação do receptor A (topográfico) com haste sobre o vértice materializado.
Fonte: O autor.

Tendo em vista que o suporte de campo dos receptores B, C e D foi adaptado ao lado direito da haste, após salvar os dados no receptor A, o conjunto era reposicionado cerca de dez (10) centímetros à esquerda do vértice materializado, similarmente ao realizado no item 3.4, de modo a manter o alinhamento vertical entre antena interna dos receptores e vértice.

Retomado o nivelamento do conjunto, as próximas ocupações do vértice eram realizadas pelos receptores D, C e B, sucessivamente. Posicionando cada um sobre a base de coleta, locada na parte inferior do suporte (Figura 27).

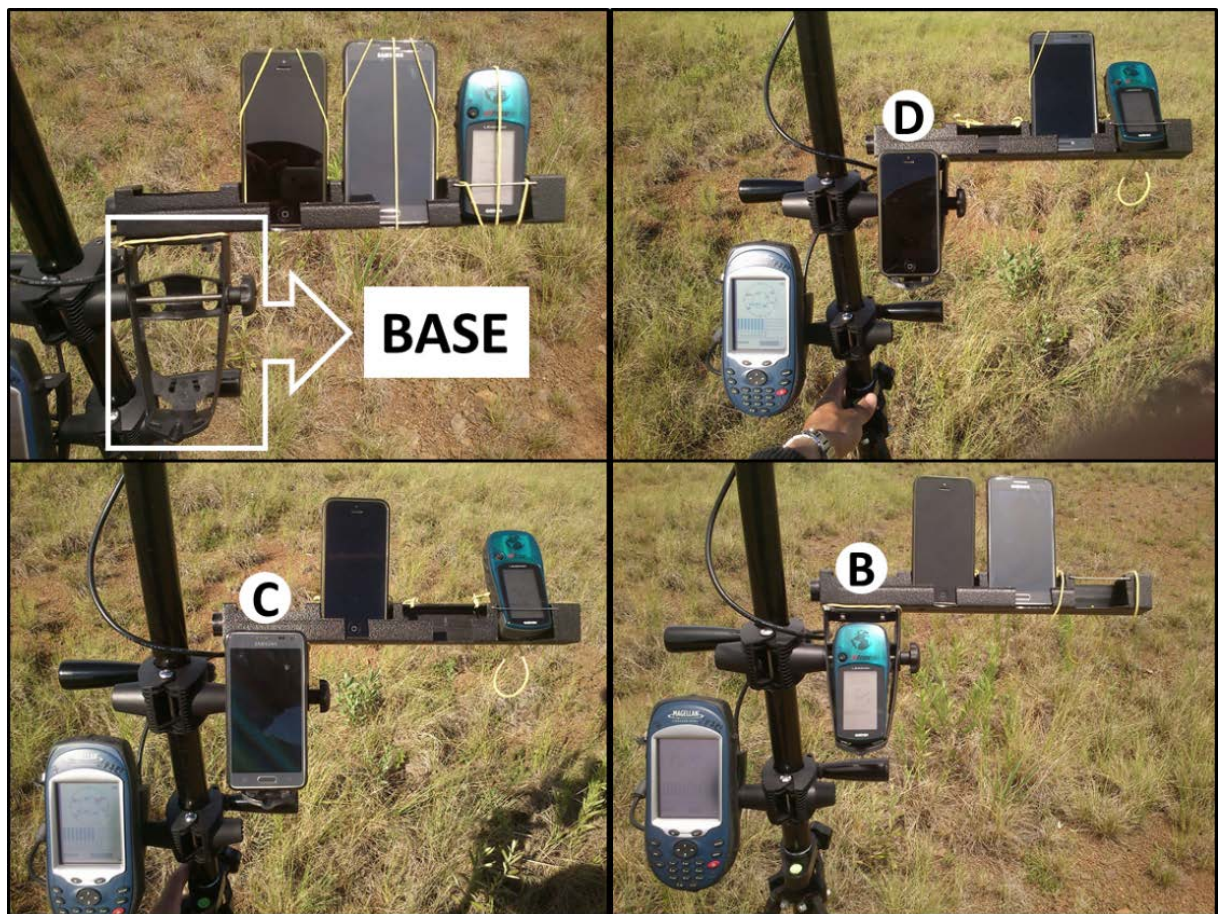


Figura 27 – Sequência de ocupação da base com os receptores D (iOS), C (Android) e B (navegação).

Fonte: O autor.

Nos receptores A e B, os dados foram salvos após a coleta de cada vértice, nomeando-os de acordo com a área, vértice e repetição. Para os receptores C e D, equipados com aplicativo

Planimeter, o salvamento foi feito ao final do levantamento do último vértice, resultando em um arquivo único armazenado para cada repetição de área (Figura 28).

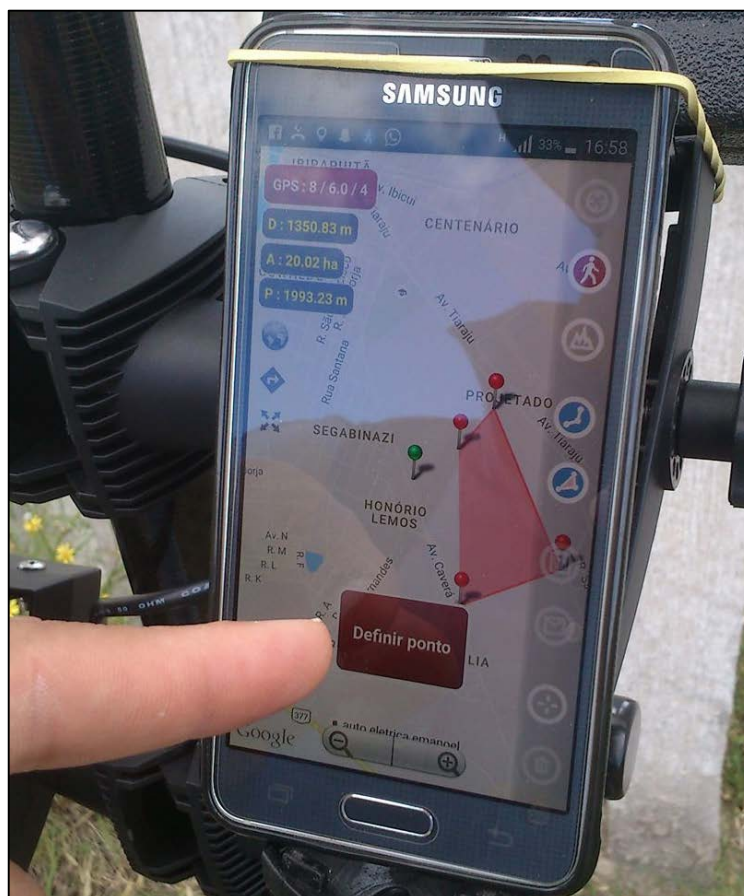


Figura 28 – Obtenção do último vértice e posterior armazenamento no aplicativo Planimeter.
Fonte: O autor.

Ao finalizar as coletas de todos os tratamentos, fez-se a importação dos dados brutos para o computador, para posterior processamento.

3.5.4 Processamento e Análise dos dados

Nesta etapa foram tratados os dados de modo a obter coordenadas finais no sistema métrico, na projeção UTM.

Para isso, inicialmente fez-se o processamento dos dados brutos do receptor A, com software GNSS Solutions, utilizando novamente como base para os levantamentos, a estação RBMC Alegrete.

Para os demais receptores fez-se apenas a conversão das coordenadas geográficas (grau decimal) para UTM (metro), utilizando o software ProGrid. Logo, todos os dados tratados foram tabulados, com o auxílio do Software Microsoft Office Excel, e modeladas suas áreas a partir do software AutoCAD.

As áreas obtidas nos levantamentos foram submetidas a análise de erro de Jordan (1957), que define uma tolerância de erro aceitável (t) em áreas obtidas em levantamentos topográficos, e é calculado conforme a Equação 11:

$$t = 0,30 \cdot \sqrt{S} + 0,00060 \cdot S \quad (11)$$

em que:

t = erro máximo tolerável, em área;

S = área total.

Os erros máximos toleráveis para cada uma das áreas são calculados com base no seu valor real (S), neste caso, as testemunhas. Estes foram calculados e podem ser observados na tabela 8.

Tabela 8 – Erros máximos toleráveis em área (Erro de Jordan)

Área	ÁREA (m ²)	
	Área total (S)	Erro tolerável (t)
A1	267363,919	315,540
A2	209797,165	263,289
A3	152775,519	208,925
A4	97036,240	151,674
A5	62476,350	112,472

Fonte: O autor.

A partir destes valores serão elaboradas tabelas classificando as médias das áreas obtidas pelos receptores A, B, C e D em aceitáveis e inaceitáveis.

Também serão realizados cálculos para a obtenção de médias de precisão dos receptores, quanto às variações das áreas obtidas, quando comparadas às testemunhas, calculados conforme a Equação 12, descrita por Silva Junior *et al.* (2009):

$$A_T \% = \frac{A_g \cdot 100}{A_{tt}} \quad (12)$$

em que:

$A_T \%$ = área total comparada, em %;

A_g = área medida pelos dispositivos;

A_{tt} = área definida pela testemunha.

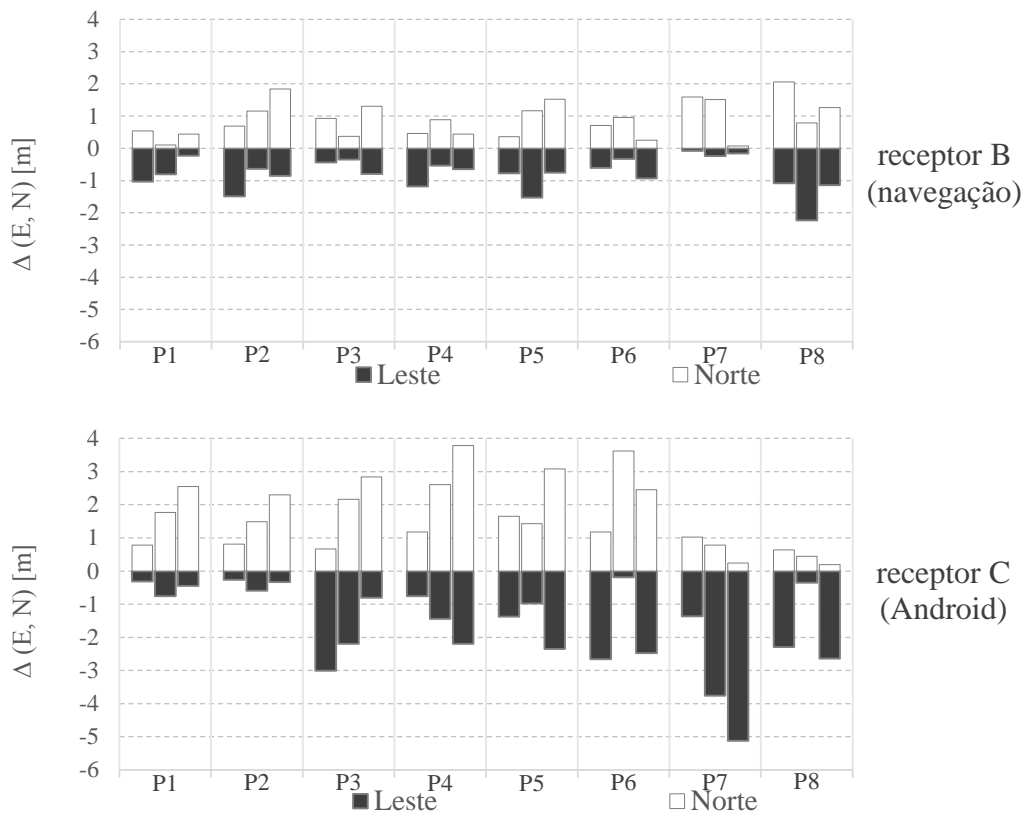
Os valores de área total comparada foram submetidos a análise da variância (ANOVA) e suas médias comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT® (SILVA & AZEVEDO, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índices de acurácia

4.1.1 Acurácia de posicionamento nas direções Leste e Norte

Na figura 29, foram representados graficamente os erros de posicionamento em relação às suas próprias médias, para as coordenadas Leste e Norte, isoladamente, em suas três (3) repetições para os oito (8) pontos observados.



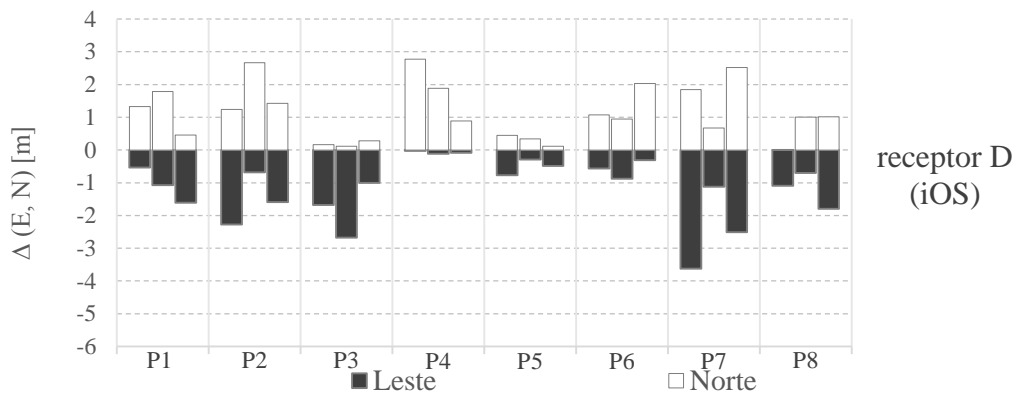


Figura 29 – Acurácia isolada de posicionamento nas direções Leste e Norte.
Fonte: O autor.

Nota-se que o melhor desempenho foi concebido o receptor B, apresentando erros na direção Leste entre 0,08 e 2,23 metros, e em Norte entre 0,08 e 2,06 metros.

Não obstante, mostra-se com desempenho mais próximo o receptor D, apresentando erros na ordem de 0,03 a 3,63 metros em Leste, e entre 0,01 e 2,77 metros em Norte. Ficando o receptor C com o menor desempenho, com erros entre 0,19 e 5,13 metros a Leste, e entre 0,19 e 3,78 metros a Norte.

Estimativas de erro como esta, onde usa-se como referência a própria média da distribuição de dados, são muito importantes quando não é possível ter acesso a informações de referência, como por exemplo, coordenadas reais de uma posição.

Neste sentido, justifica-se a utilização desta metodologia de cálculo neste trabalho, onde calculou-se ainda o erro radial de posicionamento para a distribuição de dados, utilizando para isso os valores de acurácia das coordenadas isoladas, determinados anteriormente.

4.1.2 Erro radial de posicionamento

Os valores calculados para o erro radial de posicionamento, foram submetidos a análise da variância, e de acordo com o teste F, foram encontradas diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, com relação ao fator receptor ($F=6,28$), bem como, a 1% para a interação entre os tratamentos ($F=2,85$).

Logo, para avaliar a magnitude destas diferenças foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, conforme mostra a tabela 9.

Tabela 9 – Médias de erro radial de posicionamento para a interação entre os fatores Receptor e Ponto.

Médias de erro radial de posicionamento (m)																
Receptor	Pontos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
B (navegação)	0,83	aA*	1,66	aA	1,02	bA	1,03	bA	1,49	abA	0,97	bA	1,10	bA	2,13	aA
C (Android)	1,78	aAB	1,59	aB	3,04	aAB	2,92	aAB	2,58	aAB	3,34	aAB	3,56	aA	1,87	aAB
D (iOS)	1,73	aAB	2,49	aA	1,80	abAB	1,85	abAB	0,61	bB	1,52	bAB	2,98	aA	1,46	aAB
CV receptores	67,88%															
CV pontos	37,30%															

*Médias seguidas pela mesma letra na linha (Maiúscula) e na coluna (Minúscula), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor.

Nota-se ao observar os dados, que o principal contraste significativo entre as médias dos tratamentos está entre os receptores B e C, diferindo estatisticamente em cinco (5), dos oito (8) pontos totais avaliados. Mostrando o receptor B desempenho superior, atingindo erros radiais médios entre 0,83 e 2,13 metros.

Contudo, apesar de os piores desempenhos, os erros médios apresentados pelo receptor D ficaram na ordem de 1,59 a 3,56 metros, estando este, longe de um péssimo resultado de acurácia.

O receptor D se comportou de forma intermediária, mostrando diferença significativa de todos os demais apenas no ponto 5, onde obteve superioridade, atingindo no geral, erros radiais médios entre 0,61 e 2,98 metros.

Os dados revelam também, rejeição da nulidade de influencia na interação entre os fatores receptor e pontos, contudo, apenas os pontos 1 e 7 tem diferença significativa entre si, apresentando estes, sucessivamente, médias de erro radial de 1,44 e 2,54 metros. A condição de declive do terreno no ponto 7 pode ser a explicação encontrada para este fato. Contudo, encontra-se nesta mesma condição o ponto 8, e este não diferiu significativamente dos demais,

apresentando erro radial médio de 1,82 metros, valor este menor do que a grande maioria das médias.

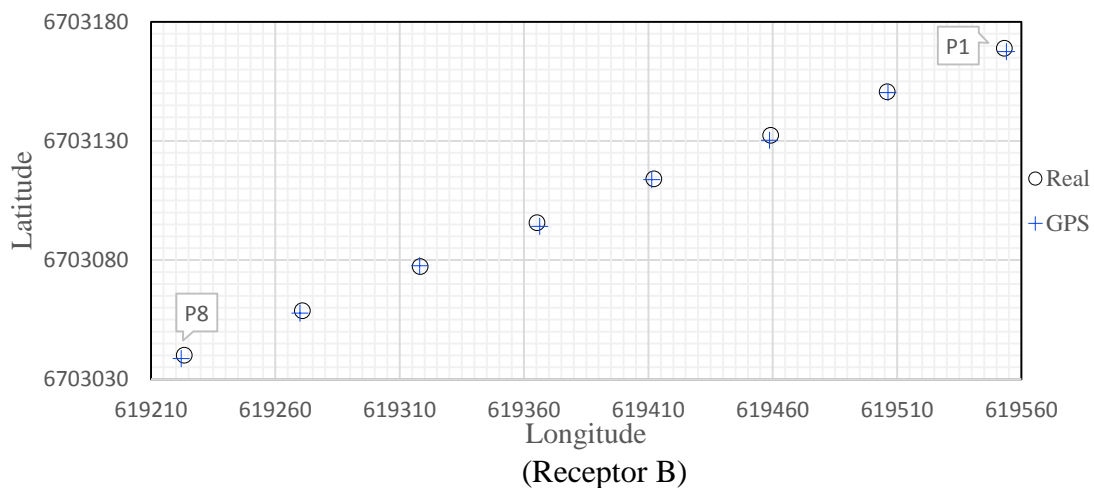
Os valores médios de erro radial posicional, calculados para cada receptor que compõe os tratamentos, estão registrados na tabela 10.

Tabela 10 – Valores médios do erro radial de posicionamento.

Receptor	Erro (m)
B (navegação)	1,28
C (Android)	2,58
D (iOS)	1,81

Fonte: O autor.

Na figura 30, pode-se comprovar e compreender de uma melhor maneira os valores de erro radial, obtidos ao final da análise. Nesta, foram projetados os valores médios das coordenadas obtidas experimentalmente, sobre um plano métrico, por sua vez, também foram projetadas as coordenadas reais dos pontos (testemunha), expressas por um círculo com 3 metros de raio. Observando que a maior aderência de pontos próximos ao centro do círculo, é identificada na projeção do receptor B, seguido neste mesmo critério, respectivamente, pelo receptor D e posteriormente C.



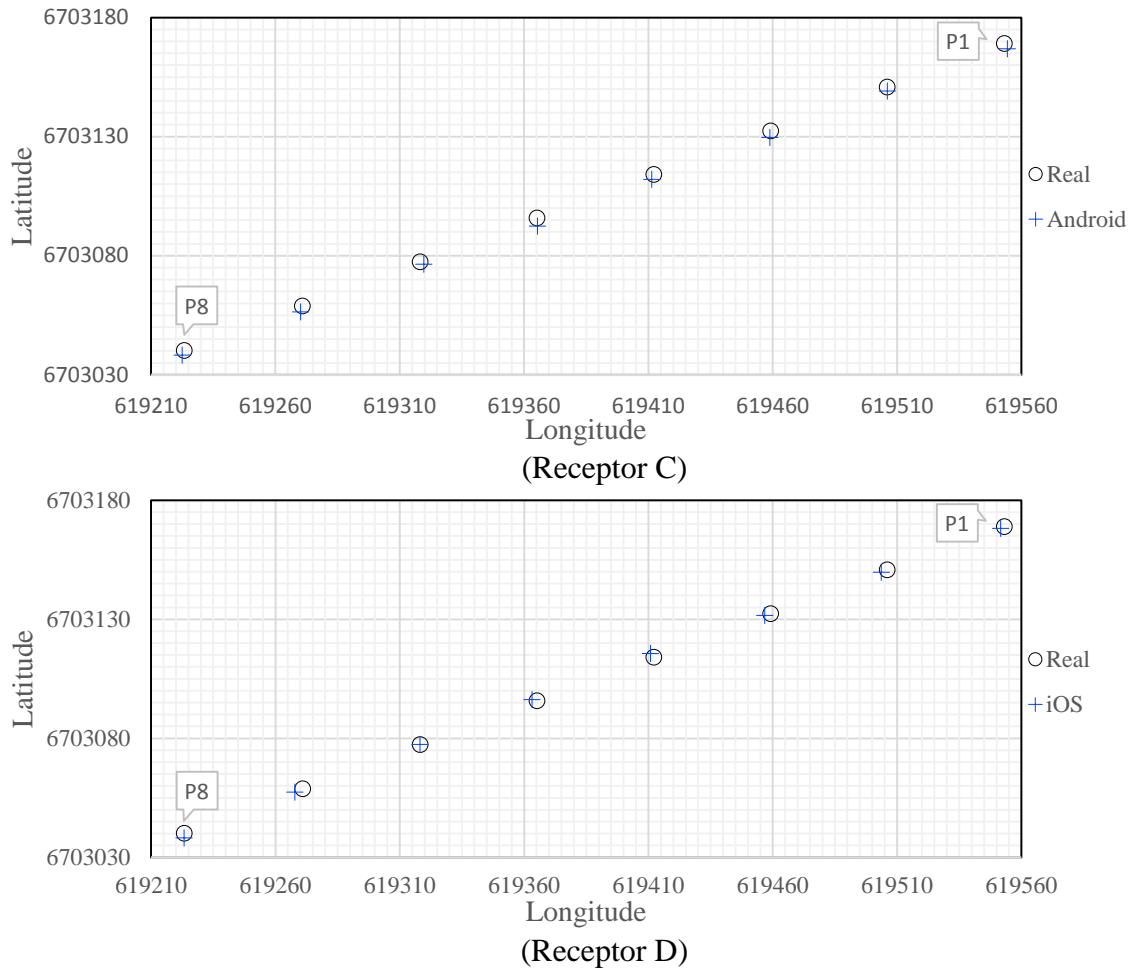


Figura 30 – Comparação de posicionamento entre coordenadas reais e coordenadas médias obtidas com: receptor B, receptor C e receptor D, para os oito pontos de avaliação.

Fonte: O autor.

4.1.3 Índice de acurácia

Estimativas de acurácia relacionam-se a quão bem as posições observadas em um ponto aderem ao seu valor real, devendo para sua determinação, comparar o ponto desejado, coletado com receptor móvel, com uma coordenada real deste mesmo ponto, amarrada a um sistema geodésico de referência, como por exemplo, estações da RBMC. Nessas condições, fez-se necessário utilizar esta metodologia, a fim de dar confiabilidade aos dados gerados neste trabalho.

Os valores calculados para o índice de acurácia, foram submetidos a análise da variância, e de acordo com o teste F, foram encontradas diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, entre os receptores, com $F=3,9$.

Logo, para avaliar a magnitude destas diferenças foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, conforme mostra a tabela 11.

Tabela 11 – Médias de índice de acurácia para a interação entre receptores.

Receptor	Índices de acurácia								Médias
	Ponto								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
B (navegação)	1,61	0,36	2,08	1,03	1,74	0,46	1,45	1,84	1,32 b*
C (Android)	2,46	1,58	2,71	2,28	3,33	1,72	2,53	2,02	2,33 a
D (iOS)	1,61	2,65	2,51	2,14	2,24	0,09	3,45	1,85	2,07 ab
CV	39,30%								

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor.

Observa-se que o receptor B teve o melhor desempenho entre os demais, apresentando índice de acurácia médio de 1,32 metros, com valores variando numa faixa entre 0,36 e 2,08 metros. Sua média diferiu significativamente à do receptor C. Apresentando este, por sua vez, índice de acurácia igual a 2,33 metros, variando seus valores entre 1,58 e 3,33 metros.

Para o receptor D, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos, atingindo este, um valor de 2,07 metros de índice de acurácia, ficando seus valores em um faixa entre 0,09 e 3,45 metros.

Dados similares foram encontrados por Cappelli (2006), ao realizar uma comparação entre receptores GPS operando com e sem correção diferencial. Obtendo índice de acurácia médio de 1,83; 2,62 e 3,7 metros, nos três (3) receptores avaliados sem correção diferencial.

Tonetto (2011), em um estudo comparativo entre receptores GPS de navegação, obteve índice de acurácia médio de 4,12; 4,16 e 7,04 metros, ao fazer o levantamento de oito (8) pontos, também sem correção diferencial.

Evidenciando assim, como bons os resultados alcançados para índice de acurácia neste trabalho.

Índices de acurácia, a nível dos encontrados neste trabalho, viabilizam seu uso em aplicações de coleta de amostras geo-referenciadas de solo para a elaboração de mapas de fertilidade, onde recomenda-se acurácia de 3 metros, conforme normalização da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS RS/SC (2004).

Antuniassi et al. (2007), confirma, relatando que índices entre 5 e 10 metros já seriam suficientes para realizar mapeamento da fertilidade do solo, e ainda, para outras atividades, como mapeamento da produtividade da cultura, quando utiliza-se o instrumento na colhedora. Fato este, também confirmado por Machado (2011), que relata a viabilidade de utilização de receptores de navegação avaliados cinematicamente, podendo assim serem utilizados para o monitoramento de produtividade, e também para determinadas atividades de aplicação, ou outras atividades que requerem precisão entre 1 e 3 metros.

4.2 Índices de precisão

4.2.1 Desvios padrão lineares das coordenadas leste e norte

A precisão pode ser definida como a aptidão que um receptor tem em fornecer posições próximas, quando se ocupa o mesmo ponto, sob as mesmas condições. Mais precisamente, exprime o quanto o receptor é capaz de repetir uma posição, mesmo que esta não seja a correta. Sendo este parâmetro, defino pelo desvio padrão de uma série de dados de um mesmo ponto. Onde, quão maior for o seu valor, menor será sua precisão, e vice-versa. Logo, com este parâmetro, torna-se capaz de exprimir a qualidade do receptor.

Neste contexto, para obter-se os índices de precisão dos receptores estudados, serão combinados os desvios padrão das coordenadas Leste e Norte, observados na tabela 12.

Tabela 12 – Desvios padrão para as coordenadas Leste e Norte.

Desvio padrão (m)						
Receptor						
Ponto	B (navegação)		C (Android)		D (iOS)	
	Leste	Norte	Leste	Norte	Leste	Norte
1	0,94	0,50	0,66	2,26	1,42	1,60
2	1,30	1,61	0,52	2,02	2,02	2,31
3	0,69	1,16	2,69	2,57	2,34	0,25
4	1,03	0,77	1,94	3,35	0,11	2,45
5	1,33	1,38	2,05	2,67	0,67	0,41
6	0,82	0,86	2,57	3,20	0,77	1,76
7	0,21	1,55	4,60	0,92	3,22	2,26
8	1,93	1,80	2,49	0,57	1,57	1,01

Fonte: O autor.

4.2.2 Precisão posicional

Quando se diz que será determinada a precisão posicional em uma dispersão de coordenadas, não necessariamente resultará em um valor absoluto, mas sim, a um limite ao qual espera-se que uma porcentagem de dados coletados não exceda. Reporta-se mais especificamente, ao limite onde 68,27% de todos os erros em uma distribuição circular ocorrem. Coincidindo este com o valor de um desvio padrão (1σ).

Os valores calculados para a precisão posicional, foram submetidos a análise da variância, e de acordo com o teste F, foram encontradas diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre os receptores, com $F=8,89$.

Logo, para avaliar a magnitude destas diferenças foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, conforme mostra a tabela 13.

Tabela 13 – Médias de precisão posicional para a interação entre receptores.

Precisão posicional (m)									
Receptor	Ponto								Médias
	1	2	3	4	5	6	7	8	
B (navegação)	1,07	2,07	1,35	1,29	1,91	1,19	1,57	2,64	1,63 b*
C (Android)	2,35	2,08	3,72	3,87	3,36	4,11	4,69	2,55	3,34 a
D (iOS)	2,14	3,07	2,35	2,45	0,79	1,92	3,93	1,86	2,32 ab
CV	33,54%								

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor.

Ao observar o comportamento das médias na tabela, nota-se que o receptor C teve o desempenho de menor expressão, apresentando precisão posicional média de 3,34 metros, variando seus valores entre 2,08 e 4,69 metros. Sua média diferiu estatisticamente à do receptor B. Apresentando este, precisão posicional de 1,63 metros, variando seus valores entre 1,07 e 2,64 metros.

Para o receptor B, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos, atingindo este, precisão posicional de 2,32 metros, variando seus valores numa faixa entre 0,79 e 3,93 metros.

Cappelli (2006), ao calcular índices de precisão circular a 39,35% e 50%, obteve, respectivamente, erros médios de 2,11 e 2,48 metros, para estas probabilidades, revelando proximidade com os valores encontrados no presente trabalho, tendo em vista que o percentual de pontos que abrangem os erros encontrados é maior (68,27%).

Shiratsuchi (2004), ao comparar dois receptores de navegação, obteve erros médios de 3,3 e 3,6 metros para precisão circular a 50%.

Ao nível de exigência da CQFS RS/SC (2004), alguns dos receptores citados neste trabalho, não atenderiam aos parâmetros exigidos para a atividade de elaboração de mapas de fertilidade, visto que, recomendam-se no mínimo 3 metros de precisão.

Contudo, Shiratsuchi (2004), relaciona a viabilidade do uso para esta atividade, levando em consideração o tamanho da grade amostral, sugerindo não utilizar tamanho de grade menor que o maior erro obtido pelo receptor. O mesmo faz ainda considerações importantes sobre procedimentos benéficos a serem levados em consideração, quando trabalha-se com coleta de pontos isolados, como por exemplo, permanecer estacionado por um certo período de tempo sobre o ponto de interesse, afim de evitar erros por multicaminhamento, bem como, realizar a gravação de mais de um dado nessas condições. Precauções estas, adotadas no desenvolver do presente trabalho.

Na figura 31 é realizada a síntese dos principais dados gerados nos experimentos de acurácia e precisão deste capítulo. Onde têm-se ilustrado de forma polar, o posicionamento dos pontos de coleta, bem como, o desempenho de cada receptor quanto ao parâmetro estudado, ficando evidente os bons resultados, respectivamente, para o receptor B, seguido por D e posteriormente C.

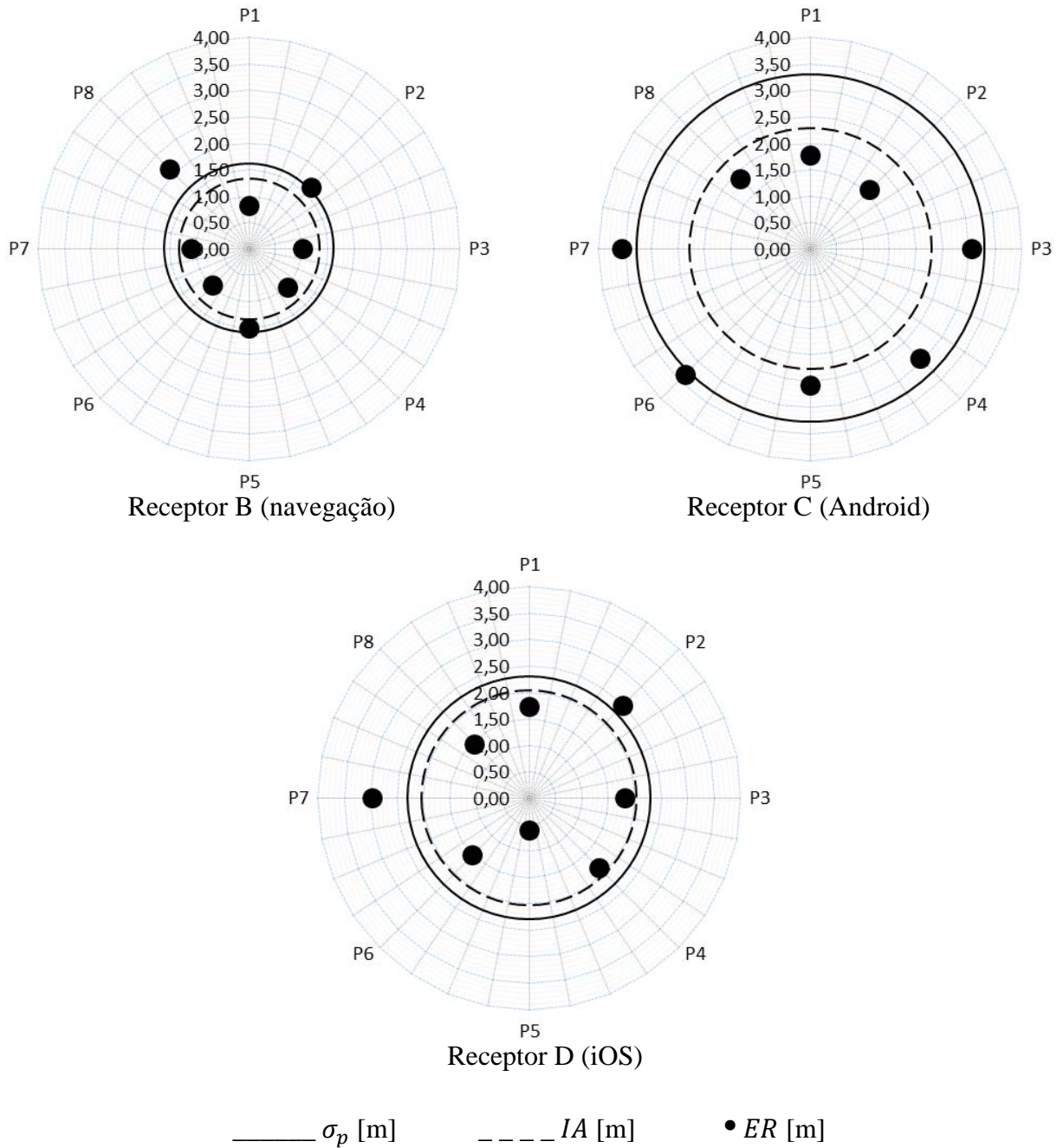


Figura 31. Erro radial médio de posicionamento (ER) e índices médios de acurácia (IA) e precisão posicional (σ_p), para os oito pontos de avaliação (P_n).

Fonte: O autor.

Ao analisar a figura 31, observa-se claramente em (b), a aderência entre a dispersão dos pontos (ER) com o comportamento do raio de precisão (σ_p), comportando-se estes, de maneira diretamente proporcional.

4.3 Estimativa de áreas

4.3.1 Erro de Jordan

A metodologia descrita por Jordan, originou-se no intuito de padronizar os levantamentos topográficos, visto que, nos primórdios da Ciência da Mensuração, se faziam necessários artifícios que viessem a minimizar os erros lineares, também conhecidos por aleatórios, como por exemplo, erros operacionais, ou de leitura. Logo, optou-se utilizar este parâmetro nas avaliações, por sua expressiva exigência no controle de qualidade, tolerando no máximo valores de 0,2% de erro para as dimensões de área utilizadas. Podendo os resultados serem observados na tabela 14.

Tabela 14 – Classificação de Jordan quanto a tolerância de erro.

Receptor		Área (m ²)	Δ Área (m ²)	Classificação
A (topográfico)	A1	267245,64	118,28	Aceitável
	A2	209721,94	75,23	Aceitável
	A3	152777,15	-1,63	Aceitável
	A4	97022,34	13,90	Aceitável
	A5	62475,43	0,92	Aceitável
B (navegação)	A1	264971,37	2392,55	Inaceitável
	A2	207730,46	2066,71	Inaceitável
	A3	150812,57	1962,95	Inaceitável
	A4	95267,81	1768,44	Inaceitável
	A5	61786,90	689,45	Inaceitável
C (Android)	A1	267976,72	-612,80	Inaceitável
	A2	209939,08	-141,91	Aceitável
	A3	153134,21	-358,69	Inaceitável
	A4	98200,16	-1163,92	Inaceitável
	A5	63435,71	-959,36	Inaceitável
D (iOS)	A1	267677,35	-313,43	Aceitável
	A2	210709,77	-912,60	Inaceitável
	A3	154343,26	-1567,74	Inaceitável
	A4	98072,19	-1035,95	Inaceitável
	A5	62060,64	415,70	Inaceitável

Fonte: O autor.

Se faz notável, ao observar a tabela, o expressivo bom desempenho do receptor A, em relação aos demais, apresentando erros aceitáveis em todas as dimensões de área mensuradas. Contrastando significativamente com os demais. Onde tem-se, no máximo, uma mensuração de acordo com as tolerâncias de Jordan. Observa-se ainda, os valores expressivamente distantes, apresentados pelo receptor B, mostrando as maiores variações de área.

Réquia (2012), ao realizar um estudo comparativo entre seis (6) smartphones, na determinação de áreas, também não obteve resultados positivos ao utilizar o critério de Jordan. Confrontando, no máximo, uma mensuração de área a cada receptor.

4.3.2 Área total comparada

Na tabela 15, tomaram-se como precisões, as variações entre as áreas médias coletadas e as tomadas como testemunhas, expressando este valor em percentual.

Tabela 15 – Cálculo das médias de precisão percentual para os levantamentos de área.

Receptor	Área coletada (m ²)	Testemunha		Δ Área (m ²)	Erro (%)	Precisão (%)	
		(m ²)	(ha)				
A (topográfico)	A1	267245,6	267363,9	26,7	118,2	0,044	99,95
	A2	209721,9	209797,1	21,0	75,2	0,036	99,96
	A3	152777,1	152775,5	15,3	1,6	0,001	99,99
	A4	97022,3	97036,2	9,7	13,9	0,014	99,98
	A5	62475,4	62476,3	6,2	0,91	0,001	99,99
B (navegação)	A1	264971,3	267363,9	26,7	2392,5	0,895	99,10
	A2	207730,4	209797,1	21,0	2066,7	0,985	99,01
	A3	150812,5	152775,5	15,3	1962,9	1,285	98,71
	A4	95267,8	97036,2	9,7	1768,4	1,822	98,17
	A5	61786,8	62476,3	6,2	689,4	1,104	98,89
C (Android)	A1	267976,7	267363,9	26,7	612,8	0,229	99,77
	A2	209939,0	209797,1	21,0	141,9	0,068	99,93
	A3	153134,2	152775,5	15,3	358,6	0,235	99,76
	A4	98200,1	97036,2	9,7	1163,9	1,199	98,80
	A5	63435,7	62476,3	6,2	959,3	1,536	98,46
D (iOS)	A1	267677,3	267363,9	26,7	313,4	0,117	99,88
	A2	210709,7	209797,1	21,0	912,6	0,435	99,56
	A3	154343,2	152775,5	15,3	1567,7	1,026	98,97
	A4	98072,1	97036,2	9,7	1035,9	1,068	98,93
	A5	62060,6	62476,3	6,2	415,7	0,665	99,33

Fonte: O autor.

Nota-se ao observar os valores, desempenhos muito bons em todas as dimensões de área, bem como em todos os receptores, com precisões mínimas acima dos 98%, superando as expectativas para este trabalho.

Na figura 32, foram sobrepostas as médias de cada dimensão de área obtidas pelos levantamentos dos distintos receptores e pela testemunha, ficando evidente a proximidade dos resultados.

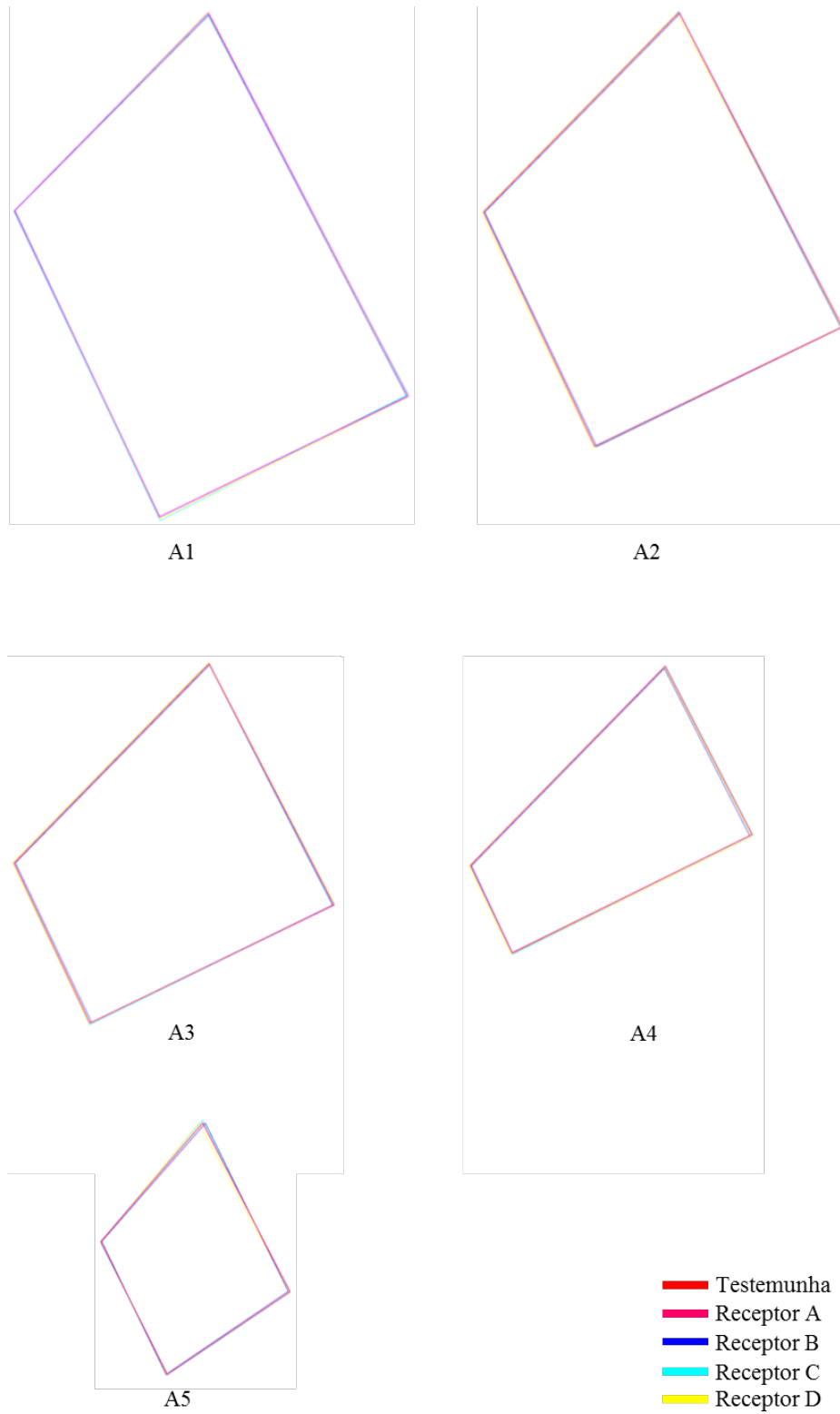


Figura 32. Projeção e sobreposição dos tratamentos no software AutoCAD (Escala: 1:11400).
Fonte: O autor.

Contudo, para verificar se há contraste estatístico entre os tratamentos, os valores calculados para precisão percentual, foram submetidos a análise da variância, e de acordo com o teste F, foram encontradas diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre os receptores, com $F=12,0$.

Logo, para avaliar a magnitude destas diferenças foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, conforme mostra a tabela 16.

Tabela 16 – Médias de precisão percentual para a interação entre receptores.

Precisão percentual					
Área	Precisão (%)		Receptor	Precisão (%)	
A1	99,59	a	A (topográfico)	99,97	a*
A2	99,45	a	B (navegação)	98,72	b
A3	99,12	a	C (Android)	99,06	b
A4	98,97	a	D (iOS)	99,20	b
A5	99,06	a	-	-	-
CV	0,64%				
CV	0,60%				

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor.

Ao analisar o teste de médias, verifica-se para o fator área, que não houve diferença significativa de precisão para as suas distintas dimensões, podendo observar-se que as maiores precisões foram obtidas nas maiores áreas, apresentando a área A4 o pior desempenho (98,97%).

Verifica-se para o fator receptores, que a maior precisão média obtida ocorreu para o receptor A (99,97%), neste caso, diferindo estatisticamente das demais. Mostrando-se com o pior desempenho o receptor B (98,72%).

Os bons resultados obtidos pelo receptor A, evidenciam o benefício concebido pelo pós-processamento das observáveis, quando utiliza-se posicionamento relativo, mostrando desempenho superior aos levantamentos realizados por posicionamento absoluto.

Contudo, os demais receptores mostraram desempenhos interessantes, ao passo em que, atingiu-se precisões médias de até 99,20% em comparação de áreas, com o receptor D.

No art. 500, § 1º, do Código Civil (BRASIL, 2002), está previsto um limite aceitável para discordâncias em extensão de áreas para imóveis rurais, considerando toleráveis erros de até 1/20 da extensão total, ou seja, até 5%.

Tomando este, como um parâmetro de comparação, nota-se que os valores de precisão apresentados por todos os receptores, satisfazem com uma margem de no mínimo 3% para mais, a essa condição, prevista em lei.

Na figura 33, pode ser observado o comportamento da precisão percentual em relação aos tratamentos de área para o receptores B, C e D.

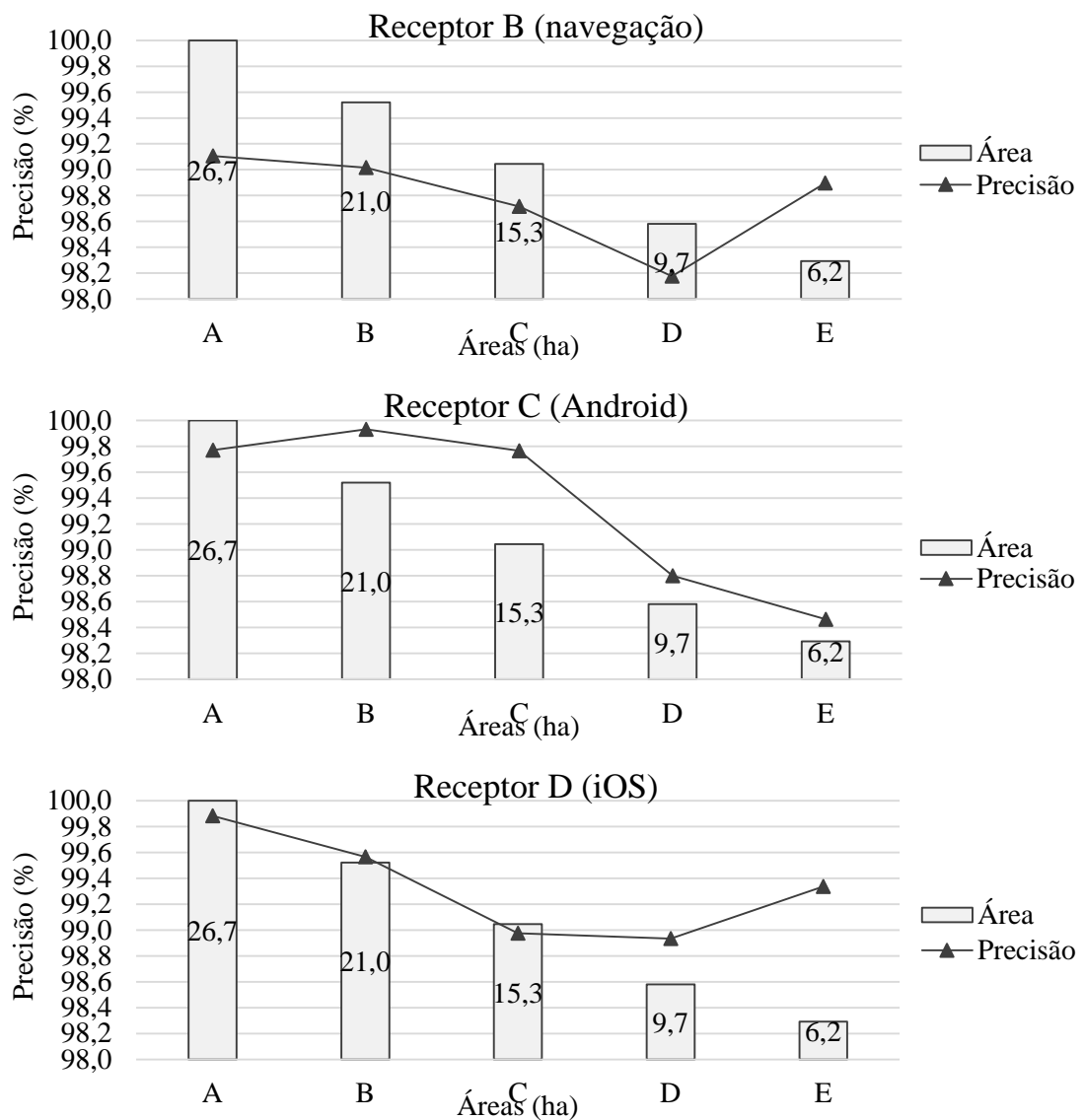


Figura 33. Comportamento da precisão em função das áreas, para os receptores B, C e D. Fonte: O autor.

Nota-se na figura 33, que para os três receptores têm-se comportamento semelhante da precisão nas quatro maiores áreas, reduzindo seu valor a medida em que reduz-se a dimensão da área. Contudo, na menor área não têm-se um comportamento consistente, apresentando aumento representativo de precisão nos receptores B e D.

Na figura 34, são observados os fatores para o receptor A, apresentando comportamento inversamente proporcional aos demais, onde têm-se sucessivos aumentos de precisão quando reduz-se a área.

Desconstruindo qualquer evidencia de relação entre proporcionalidade entre os fatores precisão e área, confirmando a aceitação de hipótese nula apresentada pelo teste F, na análise da variância.

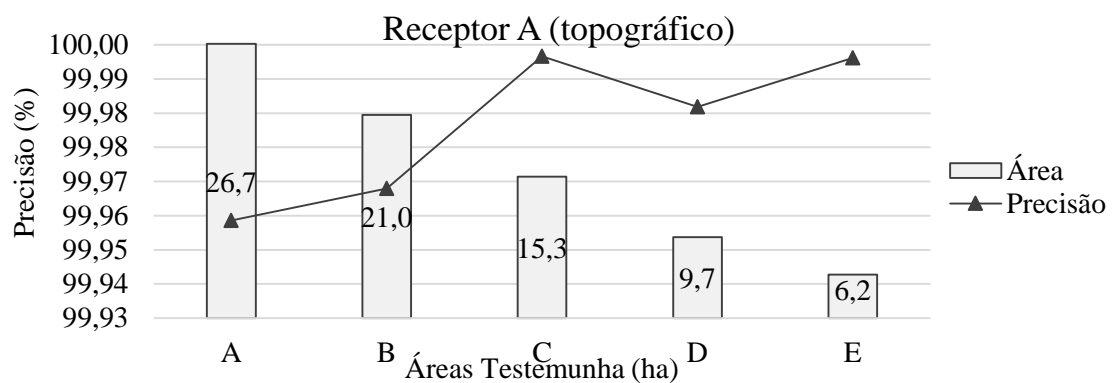


Figura 34. Comportamento da precisão em função das áreas, para o receptores A.

Fonte: O autor.

Ao final das avaliações, podem ser verificados através da tabela 17, os principais resultados e índices obtidos no trabalho.

Tabela 17 – Resumo geral dos resultados.

Receptores	ER	IA	σ_p	Erro de Jordan	$A_T\%$
A (topográfico)	-*	-	-	Aceitável	99,97
B (navegação)	1,28	1,32	1,63	Inaceitável	98,72
C (Android)	2,58	2,33	3,34	Inaceitável	99,06
D (iOS)	1,81	2,07	2,32	Inaceitável	99,20

ER - Erro radial de posicionamento [m]; IA - Índice de acurácia [m]; σ_p - Precisão posicional [m]; $A_T\%$ - Área total comparada [%]; *- testemunha.

Fonte: O autor.

5 CONCLUSÕES

Ao final das avaliações, chega-se às seguintes considerações finais sobre o uso de dispositivos móveis com sistema A-GPS:

- ✓ Usando o sistema A-GPS, é possível obter levantamentos planimétricos mantendo o mesmo padrão de erro radial, ao observar distintos números de pontos, diferentemente espaçados, e em distintos horários, sem perder qualidade no posicionamento dentro de um determinado nível de erro.
- ✓ O sistema A-GPS pode ser utilizado para coletas de dados planimétricos, com revisitas dos pontos, que demandem acurácia e precisão de até 3 ou 4 metros.
- ✓ O sistema A-GPS permite seu uso em atividades diversas de estimativa de áreas, com exigências de precisão de até 98%.
- ✓ Não houve distinção estatística quanto ao uso do aplicativo Planimeter® em dispositivos com distintas plataformas (Android e iOS).
- ✓ Os smartphones tem autonomia de bateria suficiente para jornadas de até 10 horas de coleta com rastreamento constante, e mostra um irrelevante consumo de dados de internet móvel, para efetuar levantamentos.

Assim sendo, valida-se o uso do aplicativo Planimeter® como técnica de coleta de dados planimétricos em atividades agrícolas, mostrando-se este, tão útil quanto os aparelhos GPS de navegação convencionais, pois possibilita sua utilização, vinculado a múltiplas ferramentas gerenciais de fácil acesso, já disponíveis para smartphones, permitindo ao pequeno produtor, enriquecer os registros de sua propriedade, agregando detalhes às suas informações, imergindo deste modo, às técnicas de agricultura de precisão a custo reduzido.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. A. de A.; LEMAINSKI, C. L.; SANTI, O. G. R.; LONDERO, G.; BUSATO, M. Constante evolução. **Revista Cultivar Máquinas**, v.9, n.95, p. 13-16, abril. 2010.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. ; SHARP, T. C. **Agricultura de precisão**. In: Eleusio C. Freire. (Org.). Algodão no Cerrado do Brasil. 1ed.Brasilia/DF: ABRAPA, 2007, v. 1, p. 889-918.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13133/1994. Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro,1994.

BRASIL. **Código Civil. Lei nº 10.406**, de 10 de Janeiro de 2002.

CAPELLI, N.L.; UMEZU, C.K.; SILVEIRA, A.C. da; GARCIA, A.P. Desempenho comparativo entre receptores GPS. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v.8, n.1, p.63-77, 2006.

CARVALHO, E. A. de. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I : geografia** / Edilson Alves de Carvalho, Paulo César de Araújo. – Natal, RN : EDUFRN, 2008. 248 p.

CORDEIRO DE SOUZA, E. **Sistema móvel de ordem de serviço** / Eric; orientador: Prof.º Ms. Ricardo José Sabatine. Trabalho de Conclusão de Curso TCC) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, BR-SP, 2012. 85 p.

CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, RS, 2004. 400 p.

DJUKNIC, G. M.; RICHTON, R. E. **Geolocation and Assisted GPS**. **IEEE Computer Society**, v.34, n.2, p.123-125, fevereiro, 2001.

LOPES, T.G.; DIAS, V. de O.; BATISTELLA, B. F.; BISOGNIN, B. P. Medida Barata. **Revista Cultivar Máquinas**, v.12, n.146, p. 16-19, Nov. 2014.

HOFMANN-WELLENHOF, B; LICHTENEGGER, H; COLLINS, J. **GPS: theory and practice.** – 4nd Ed. – 1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos - GPS.** Abril, 2008. 35 p.

IDC - International Data Corporation. < <http://br.idclatin.com/> >. Acesso em: 23 Jun. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Norma Técnica Para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** 3ª ed, 4 p. Brasília, 2013.

JAUCH, F. E.; SILVA, L. dos S.; PAZ, O. L. de S. da. **Sistema de posicionamento Global – GPS.** Curitiba, 2014. 42 p.

JEREZ, G. O.; ALVES, D. B. M.; SOUZA, J. S.; SETTI JUNIOR, P. de T. **Análise do processamento combinado GPS/GLONASS no posicionamento por ponto e relativo com diferentes intervalos de tempo.** In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2014, Gramado. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2014.

JORDAN, W. **Tratado General de Topografia- I.** 9. ed. Barcelona, Espanha: Gustavo Gili, 1957. 529p.

CARNEIRO, A. R. **Localização geográfica através de aparelho celular.** 2009. 9 p.

KAPLAN, E.; HEGARTY, C. **Understanding GPS: principles and applications.** – 2nd Ed. – 2006. 723 p.

LOCH, C. **Topografia contemporânea: planimetria** / Carlos Loch, Jucilei Cordini. 3.ed. – Florianópolis : Ed. da UFSC, 2007. 321 p.

MACHADO, T. M. **Avaliação de desempenho de receptores de GPS em modo estático e cinemático** / Thiago Martins Machado. - - 2008. 115 p. Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, BR-SP, 2008.

MACHADO, T.M. Ensaio estáticos e cinemáticos de receptores GPS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.15, n.9, p.981-988, Campina Grande, PB, 2011

MCCORMAC, J. C. **Topografia** / Jack McCormac; tradução Daniel Carneiro da Silva; revisão técnica Daniel Rodrigues dos Santos, Douglas Corbari Corrêa, Felipe Coutinho Ferreira da Silva. Rio de Janeiro : LTC, 2010.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas** / José Iguelmar Miranda. – 2. ed. rev. atual. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.425 p.

MOLIN, J. P. **Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão**. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Campinas. 9 p. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/>> Acesso em: 23 jun. 2015.

MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão. [Editorial]. **Agricultura de Precisão: Boletim Técnico**, v.3, 36 p. 2013.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações** / João Francisco Galera Monico.- São Paulo, SP, 2000. 279 p.

MOURA, A. M. C. **Apropriação do telemóvel como ferramenta de mediação em *Móvil Learning* estudos de caso em contexto educativo**. 2010. 631 p. Tese (Doutorado) – Universidade do Minho, Instituto de Educação. Ciências da Educação na Especialidade de Tecnologia Educativa. Braga, PT, 2010.

NAIME, J. M. Avaliação geral, resultados, perspectivas e uso de ferramentas de agricultura de precisão. **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p.69-72.

PIRES, J. L. F.; CUNHA, G. R. da; PASINATO, A.; FRANCA, S.; RAMBO, L. **Discutindo agricultura de precisão – aspectos gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 18 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online; 42). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm> Acesso em: 23 jun. 2015.

QUARESMA, M.; MORAES, A. A usabilidade de tarefas típicas de seleção do destino em sistemas de navegação GPS automotivos. **Revista Produção**, v.21, n.2, p.329-343, abr./jun. 2011.

RODRIGUES, G. R. e. **Smartphones e suas tecnologias**. 2009. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica. São Carlos, BR-SP, 2009.

TAMBOSI, M. C.; LAJÚS, C. R.; MANFROI, E.; NIEDERLE, O. J.; ECHER, G.; PARIZE, G. L.; VANIN, M.; LANGUINOTTI, C. W.; DEMARTINI, R.; RANZAN, T. **Adequações das técnicas da agricultura de precisão a pequena propriedade na região oeste catarinense**. In: III Seminário Integrado: Ensino, Pesquisa e Extensão, 2011, Chapecó. III Seminário Integrado: Ensino, Pesquisa e Extensão, 2011.

TONELLO, M. S.; BORTOLUZZI, E. C. Viabilidade técnica do uso de receptores gps de navegação para fins de amostragem sistemática de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, p.351-357. 2011

SCHRAMMEL, B. M. Utilização de ferramentas de SIG para Agricultura de Precisão no planejamento ambiental de uma pequena propriedade rural produtora de maçãs. **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p.222-226.

SEBEM, E. **Fundamentos de cartografia e o sistema de posicionamento global GPS** / Elódio Sebem, Alexandre ten Caten, Adroaldo Dias Robaina, Antônio Leonir Langendolff Moreira, Guilherme Coelho de Pellegrini.- Santa Maria : UFSM / Colegiado Politécnico / Departamento de Engenharia Rural, 2010. 205 p.

SHINOHARA, E. J. **Modelagem do comportamento espaço-temporal de veículo rastreado** / E. J. Shinohara.- versão corr.- - 2013. 72 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, BR-SP, 2013.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, **Anais...** Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA JUNIOR, 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. Aquidauana, MS, 2009.

SILVA, M. R. **O problema da cobertura máxima por círculos numa região plana: uma abordagem heurística aplicada à telefonia celular**. 2008. 91 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Engenharia de Produção. Campos dos Goytacazes, RJ-BR, 2006.

SILVA, S. T. **Análise comparativa entre equipamentos eletrônicos (GPS) para levantamento de dados topográficos**. 2002. 40 f. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, Belo Horizonte, BR-RS2002.

VAZ, A. da F. G. **Fornecimento de serviços push direccionados e baseados em localização**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, PT, 2008.