



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LARISSA MARTINS DIAS

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES METODOLOGIAS EM LEVANTAMENTOS  
PLANIALTIMÉTRICOS**

CARAÚBAS

2019

LARISSA MARTINS DIAS

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES METODOLOGIAS EM LEVANTAMENTOS  
PLANIALTIMÉTRICOS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Alison Kaio Dantas Pereira, Prof.

Co-orientador: Gustavo Marques Calazans Duarte, Prof. Me.

CARAÚBAS

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D541a Dias, Larissa Martins.

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES METODOLOGIAS EM  
LEVANTAMENTOS PLANIALTIMÉTRICOS / Larissa Martins  
Dias. - 2019.

66 f. : il.

Orientador: Alison Kaio Dantas Pereira.  
Coorientador: Gustavo Marques Calazans Duarte.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal

Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e  
Tecnologia, 2019.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LARISSA MARTINS DIAS

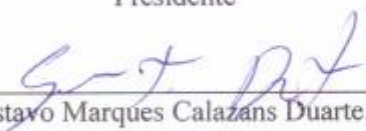
**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES METODOLOGIAS EM LEVANTAMENTOS  
PLANIALTIMÉTRICOS**

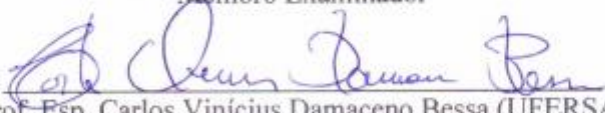
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

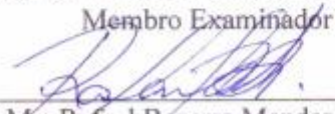
Defendida em: 22 / 03 / 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Esp. Alison Kaio Dantas Pereira (UFERSA)  
Presidente

  
Prof. Me. Gustavo Marques Calazans Duarte. (UFERSA)  
Membro Examinador

  
Prof. Esp. Carlos Vinicius Damaceno Bessa (UFERSA)  
Membro Examinador

  
Prof. Me. Rafael Bezerra Mendes (UFERSA)  
Membro Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me conceder a vida e guiar-me em todos os momentos e situações. Agradeço, por todos os cuidados, todas as provas, todos os pedidos atendidos, por acalmar-me diante do medo e da insegurança e me fazer acreditar que os meus sonhos algum dia poderiam se tornar reais.

Agradeço aos meus pais Francisco Edinaldo Dias da Cunha e Maria Edileide Martins Alves pelo imenso amor que me dedicam e por todos os ensinamentos recebidos. Na oportunidade, aproveito para destacar a importância que exercem na minha vida e dizer o quanto sou grata a Deus por ter vocês ao meu lado, compartilhando comigo esse sonho. Agradeço por cada abraço apertado, cada conselho dado, cada lágrima enxugada, por me acolherem diante da minha fragilidade e, ainda, por me lembrarem do quanto eu seria capaz. Dedico inteiramente essa conquista a vocês. Eu vos amo muito, meus pais.

Agradeço ao meu irmão Guilherme Martins Dias por todo amor e cuidado compartilhado, por estar sempre ao meu lado e trazer felicidade aos meus dias. Essa conquista também é dedicada a você. Espero contribuir para o seu crescimento e realização dos seus sonhos. Eu te amo com toda a minha intensidade.

Agradeço a todos os meus familiares, que acompanharam de perto a minha trajetória e estiveram comigo em todas as circunstâncias. De modo especial, gostaria de mencionar os meus avôs paternos Francisco Evaristo Sobrinho e Maria Hanorata Dias da Cunha, e avôs maternos Antônio Martins e Francisca Alves da Silva Martins que em conjunto com meus pais me preparam para o mundo e contribuíram para a minha formação como pessoa.

Agradeço imensamente ao meu orientador Alison Kaio Dantas Pereira pela sua participação na realização deste trabalho. Agradeço, ainda, por toda dedicação, compreensão, partilha de conhecimentos e principalmente, por não desistir de mim. Aproveito para parabenizá-lo como educador e, principalmente, como ser humano. Além de orientador, tem sido um grande amigo.

Agradeço a todos os meus amigos, pessoas com quem tenho dividido os meus dias e vivenciado momentos inesquecíveis. Gostaria de destacar meu primo/irmão Kennedy Dias e Vinícius Queiroz pelas contribuições prestadas e mensagens de apoio. Não poderia deixar de mencionar as lindinhas do “Pink Ap” Rafaela Marinho, Géssica Moura, Thalia Alves e Juliene Moraes, vocês são minha segunda família. Agradeço por todas as demonstrações de sentimentos e por cuidarem tão bem de mim. Aos que me suportam todos os dias e aguentam minhas lamentações, Thiago Ruan, Fabrício Leite, Pedro Yago e Rennan Linhares, meu muito obrigado. Com vocês tudo parece mais fácil, sou grata pela vida de cada um e terei vocês guardadinhos no meu coração.

Agradeço a Banca Examinadora pela disponibilidade e aceitação para contribuir com a avaliação deste trabalho. De modo especial, ao meu co-orientador Gustavo Marques Calazans Duarte pela participação no desenvolvimento da pesquisa.

Nunca se esqueça de agradecer a Deus todos os dias por sua vida e por suas conquistas e lembre-se de que ele jamais abandonará aqueles que acreditam em sua glória porque ele não erra nunca e acima de tudo ele é fiel sempre!

(Ana Paula Magalhães)

## RESUMO

Na engenharia Civil, a topografia é uma ciência presente em todas as etapas do processo de realização de um projeto, permitindo conhecer as características da superfície do terreno. Os trabalhos topográficos estão associados ao emprego de diferentes métodos e instrumentos que possibilitam a obtenção de informações importantes sobre determinada área. O estudo em descrição apresenta como objetivo a análise comparativa de dados planialtimétricos obtidos através do emprego da Estação Total, aplicativo android de GPS e receptor GPS de navegação, processados em *softwares* diferenciados. A Estação Total foi tomada como base para comparação com os demais. Para realização desta análise foi desenvolvido um levantamento planialtimétrico numa área localizada entre RN-223 e a entrada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Caraúbas. A metodologia adotada consistiu em duas etapas: levantamento dos dados em campo e processamento dos dados em escritório. A análise foi possível através da comparação de dados coletados em campo organizados em tabelas e gráficos, e ainda, por meio de superfícies tridimensionais e contornos gerados a partir do uso desses dados. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que, relacionado a estação total, o aplicativo de celular apresentou erro linear médio de 1,13 m, enquanto, o GPS de navegação mostrou erro linear médio de 1,93 m. No que se refere as superfícies geradas pelos receptores GPS, relacionados a Estação Total, o aplicativo de celular, embora disponha de menor grau de precisão, apresentou superfícies pouco diferenciadas. Quanto ao emprego do GPS de navegação, notam-se consideráveis discrepâncias nos contornos e elevações formadas, não sendo, portanto, recomendado para atividades ligadas a representação de superfícies e dimensionamento de terrenos.

**Palavras-chave:** Topografia. Estação total. GPS de aplicativo. GPS de navegação.

## ABSTRACT

In Civil Engineering, the topography is a science present in all stages of the process of realizing a project, allowing to know the characteristics of the surface of the terrain. The topographic works are associated with the use of different methods and instruments that allow the obtaining of important information in a certain area. The objective of this study is to compare the data obtained by using Total Station, Android GPS application and GPS navigation receiver, which are processed in differentiated software. The Total Station was taken as bases for comparison with the others. For the accomplishment of this analysis, a planialtimetric survey was developed in an area located between RN-223 and the entrance of the Federal Rural University of the Semi-Arid, Caraúbas campus. The methodology adopted consisted of two steps: data collection in the field and data processing in the office. The analysis was possible through the comparison of data collected in the field organized in tables and graphs, and also through three-dimensional surfaces and contours generated from the use of these data. Based on the results obtained, it was verified that related to Total Station, the cellular application presented a mean linear error of 1.13 m, while the navigation GPS showed a mean linear error of 1.93 m. Regarding the surfaces generated by the GPS receivers, related to Total Station, the cellular application, although it has a lower degree of precision, presented little differentiated surfaces. Regarding the use of GPS navigation, there are considerable discrepancies in the contours and elevations formed and is therefore not recommended for activities related to surface representation and land sizing.

**Keywords:** Topography. Total station. GPS application. GPS navigation.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. (A) Groma, instrumento utilizado para definir ângulos retos e (B) Coróbato, dispositivo usado como nível. ....                    | 19 |
| Figura 2. Pirâmide no espaço (A) sendo representada (B) planimétrica, (C) altimétrica e (D) planialtimetricamente. ....                     | 22 |
| Figura 3. Aparelhos utilizados em nivelamento geométrico: nível de precisão, tripé de sustentação e mira topográfica, respectivamente. .... | 24 |
| Figura 4. Representação do nivelamento geométrico simples. ....                                                                             | 25 |
| Figura 5. Representação do nivelamento geométrico composto. ....                                                                            | 26 |
| Figura 6. (A) Teodolito e (B) Clinômetro. ....                                                                                              | 26 |
| Figura 7. Recepção de dados de GPS. ....                                                                                                    | 28 |
| Figura 8. Referência das altitudes.....                                                                                                     | 29 |
| Figura 9. GPS de navegação.....                                                                                                             | 30 |
| Figura 10. Receptor RTK A30. ....                                                                                                           | 31 |
| Figura 11. Receptor Geodésico. ....                                                                                                         | 32 |
| Figura 12. GPS Mapit GIS - Spatial.....                                                                                                     | 33 |
| Figura 13. Poligonal fechada. ....                                                                                                          | 34 |
| Figura 14. Poligonal enquadrada. ....                                                                                                       | 34 |
| Figura 15. Poligonal aberta.....                                                                                                            | 34 |
| Figura 16. Representação da área de estudo. ....                                                                                            | 38 |
| Figura 17. Posição relativa dos pontos e contorno da área estudada.....                                                                     | 39 |
| Figura 18. GPS de navegação.....                                                                                                            | 41 |
| Figura 19. GPS de aplicativo Mapit Spatial. ....                                                                                            | 41 |
| Figura 20. Estação total e tripé de sustentação. ....                                                                                       | 42 |
| Figura 21. Representação dos pontos obtidos pela Estação Total, GPS de aplicativo e GPS de navegação. ....                                  | 50 |
| Figura 22. Representação das superfícies tridimensionais. ....                                                                              | 59 |
| Figura 23. Curvas de níveis. ....                                                                                                           | 60 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| Gráfico 1. Erro Linear. ....             | 54 |
| Gráfico 2. Erros mínimos e máximos. .... | 55 |
| Gráfico 3. Erro Altimétrico. ....        | 58 |
| Gráfico 4. Análise de variância. ....    | 61 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Instrumentos topográficos com suas respectivas exatidões..... | 23 |
| Tabela 2. Classificação dos Teodolitos quanto à precisão. ....          | 36 |
| Tabela 3. Classificação das Estações Totais.....                        | 37 |
| Tabela 4. Dados obtidos com a Estação Total.....                        | 45 |
| Tabela 5. Dados coletados pelo GPS Mapit Spatial .....                  | 46 |
| Tabela 6. Dados coletados pelo GPS de navegação Garmin.....             | 47 |
| Tabela 7. Erro planialtimétrico.....                                    | 49 |
| Tabela 8. Áreas e perímetros.....                                       | 52 |
| Tabela 9: Erro Linear.....                                              | 53 |
| Tabela 10. Erro altimétrico.....                                        | 57 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|      |                                          |
|------|------------------------------------------|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| DMS  | Graus, Minutos e Segundos                |
| GPS  | Sistema de Posicionamento Global         |
| MED  | Medidor Eletrônico de Distâncias         |
| NBR  | Norma Brasileira                         |
| RTK  | Real-Time Kinematic                      |
| WGS  | World Geodetic System                    |
| UTM  | Universal Transversa de Mercator         |

## SUMÁRIO

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                         | <b>16</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                | <b>18</b> |
| 2.1 SURGIMENTO DA TOPOGRAFIA E EVOLUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS<br>TOPOGRÁFICOS .....    | 18        |
| 2.2 IMPORTÂNCIA DA TOPOGRAFIA PARA ENGENHARIA CIVIL .....                         | 20        |
| 2.3 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO.....                                 | 21        |
| <b>2.3.1 Levantamento Geométrico .....</b>                                        | <b>23</b> |
| <b>2.3.2 Levantamento Trigonométrico .....</b>                                    | <b>26</b> |
| <b>2.3.3 Levantamento Planialtimétrico com GPS.....</b>                           | <b>27</b> |
| 2.4 POLIGONAÇÃO.....                                                              | 33        |
| 2.5 UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM LEVANTAMENTOS<br>PLANIALTIMÉTRICOS .....        | 35        |
| <b>2.5.1 Uso da Estação Total e Teodolito em levantamentos topográficos .....</b> | <b>36</b> |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>                                                         | <b>38</b> |
| 3.1 TRABALHO EM CAMPO .....                                                       | 38        |
| <b>3.1.1 Descrição da área de estudo .....</b>                                    | <b>38</b> |
| <b>3.1.2 Equipamentos .....</b>                                                   | <b>40</b> |
| <b>3.1.3 Obtenções dos dados planialtimétricos .....</b>                          | <b>40</b> |
| 3.2 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS .....                                       | 42        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                              | <b>44</b> |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                | <b>63</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                           | <b>64</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Júnior, Neto e Andrade (2014), a topografia passou a ser utilizada pelo homem com o início de uma sociedade mais organizada, onde os indivíduos tiveram por necessidade a demarcação de territórios para a prática de atividades agrícolas e construção de moradias. Contudo, para a realização desses trabalhos era fundamental o uso de instrumentos que auxiliassem na delimitação de terras, e por isso, o aparecimento dos primeiros objetos topográficos.

A topografia é dividida em duas áreas, topologia e topometria. Segundo Veiga, Zanetti e Faggion (2007), a topologia é responsável por estudar a configuração do terreno e as leis do seu modelado. Já a topometria estuda as medidas lineares e angulares, tendo como objetivo estabelecer a disposição relativa dos pontos em uma dada superfície limitada da terra. Pode, ainda, ser subdividida em planimetria e altimetria. A representação conjunta destes dois campos da topometria recebe o nome de planialtimetria.

Para Veiga, Zanetti e Faggion (2007), o objetivo da topografia é levantar todas as informações de uma superfície da terra para que, posteriormente, seja feita sua representação, em escala adequada. Os trabalhos realizados em campo recebem o nome de levantamento topográfico.

O levantamento topográfico é responsável por descrever detalhadamente todas as configurações existentes num terreno. Por isso, antes de iniciar qualquer obra ou construção é importante extrair todas as informações necessárias para se projetar com maior competência, de modo a diminuir os possíveis erros durante a elaboração e gerenciamento de projetos.

Os estudos topográficos estão relacionados ao uso de diversos aparelhos e métodos de levantamento que possibilitam a representação de áreas estabelecidas. Com o crescimento da tecnologia, as atividades topográficas tornaram-se cada vez mais elaboradas, a partir da utilização de equipamentos otimizados. Segundo Júnior, Neto e Andrade (2014), os instrumentos e métodos empregados para a obtenção de medidas evoluíram tecnicamente, com o passar do tempo, oferecendo aos profissionais da área recursos com melhor praticidade, maior controle de erros e, conseqüentemente, resultados com maiores exatidões.

As técnicas que possibilitam a obtenção de dados para a representação de uma superfície estão em constante progresso. Existem diversos recursos tecnológicos para a realização de levantamentos planialtimétricos, desde equipamentos mais tradicionais até aparelhos mais inovadores, como o sistema GPS, drones e aplicativos de celulares. Estes

instrumentos apresentam resultados com diferentes acuracidades, e por isso, a relevância de verificar a melhor alternativa para realizar medições, levando em consideração estudos já realizados sobre a viabilidade e limitação desses aparelhos e o seu tempo de uso.

Dessa forma, a seleção dos equipamentos influencia diretamente no resultado final de um levantamento topográfico. Mesmo existindo uma disponibilidade de aparelhos é importante analisar a necessidade de cada projeto para que seja feita a escolha de um equipamento que ofereça características mais precisas sobre o terreno, de modo a alcançar eficiência na execução dos serviços, relacionando, ainda, com condições de economia e qualidade.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo realizar um levantamento planialtimétrico com o uso de diferentes equipamentos para uma posterior análise comparativa em relação ao desempenho dos mesmos. A partir deste objetivo geral, buscaram-se também, como objetivos específicos: a análise comparativa dos dados planialtimétricos obtidos por estação total e receptores GPS; auferir a precisão planimétrica dos aparelhos GPS comparado a Estação Total; avaliar através de gráficos tridimensionais gerados por *softwares*, as superfícies obtidas por meio dos dados gerados pelos equipamentos em questão. Considerando que os equipamentos topográficos apresentam níveis de precisão diferenciados, espera-se com esse estudo auxiliar profissionais no processo de tomada de decisão em relação à escolha do recurso tecnológico que apresenta maior viabilidade para execução de projetos, de forma que se obtenham os melhores resultados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SURGIMENTO DA TOPOGRAFIA E EVOLUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Durante toda uma perspectiva histórica o homem passou por constantes processos de evolução, de modo a buscar compreender seu posicionamento no espaço em que vive e garantir sua sobrevivência. As primeiras sociedades da pré-história praticavam o nomadismo, ou seja, viviam permanentemente mudando de uma localização para outra por não possuírem habitações fixas, e por sua vez, dependiam das peculiaridades da natureza. Com o passar do tempo, as condições de sobrevivência passaram a exigir das civilizações humanas mudanças de comportamentos, uma vez que, os recursos que até então eram somente explorados estavam se tornando insuficientes para promover a subsistência desses povos, sendo estes obrigados as práticas da agricultura e pecuária, criação de animais e cultivo de alimento. Em consequência disso, surgem as primeiras vilas e cidades, caracterizando uma sociedade mais organizada (JÚNIOR; ROLIM NETO; ANDRADE, 2014).

Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014), ainda acrescentam que essa organização social fez necessária às demarcações de terras para o desenvolvimento de práticas agrícolas e construção de moradias. Deste modo, a topografia, mesmo sendo uma ciência pouco conhecida, passou a ser utilizada pelo homem. Diante da necessidade de delimitação de territórios surgiram os primeiros equipamentos topográficos, ainda que rudimentares, para auxiliar nas atividades de mensurações de terras.

Para Veiga, Zanetti e Faggion (2007), desde o princípio, o homem tem buscado, através de métodos e estratégias, uma representação do lugar que reside, tendo como base a observação e descrição deste meio. Com o desenvolvimento da tecnologia surgiram técnicas e instrumentos de medição que possibilitaram a consecução de informações de modo a contribuir na representação de uma superfície. A topografia, portanto, tem sido umas das técnicas empregadas para cumprir estas medições.

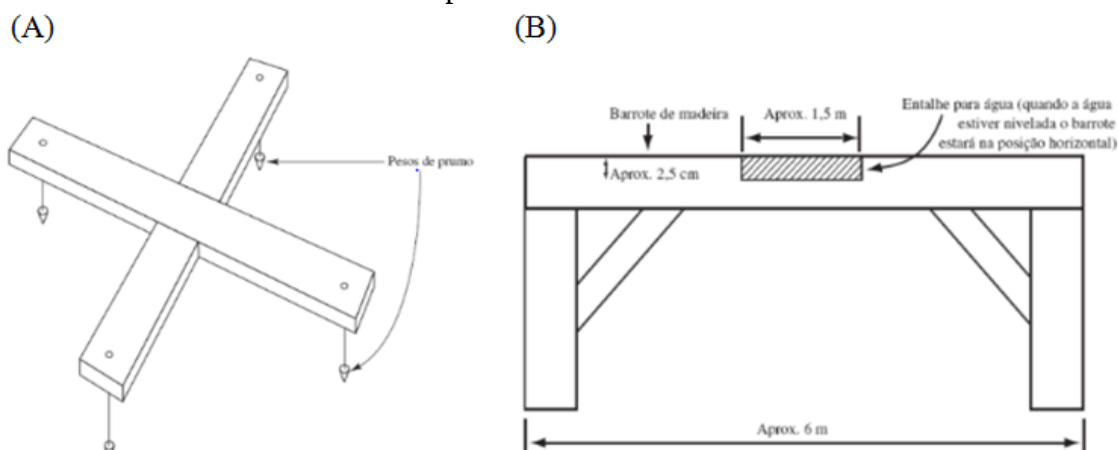
De acordo Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014), os instrumentos empregados em atividades topográficas foram criados e utilizados inicialmente pelas populações egípcias e mesopotâmicas, seguidos dos chineses, hebreus, gregos e romanos. Não se tem conhecimento a respeito do ano em que a topografia começou a ser usada, mas estima-se ter sido empregada no antigo império egípcio antes de 3200 a.C.

McCormac, Sarasua e Davis (2017), conta que o historiador grego Heródoto considerado (“o pai da história”) afirmou que a topografia foi utilizada no Egito por volta de 1400 a.C., durante a divisão desse país em parcelas para fins de cobrança de impostos.

Ainda conforme McCormac, Sarasua e Davis (2017), os romanos, com sua capacidade de criar, contribuíram para o progresso da topografia em razão de inúmeros projetos de engenharia desenvolvidos no seu império. Foram responsáveis pelo planejamento de cidades, acampamentos militares e estradas, com o uso de um sistema de coordenadas retangulares. Além disso, construíram as rotas para serem usadas durante as operações militares.

Foram três os instrumentos utilizados pelos romanos para o desempenho das atividades topográficas, sendo eles o odômetro, também conhecido por roda de medição, a groma e o coróbato. A groma consistia em duas peças de madeiras combinadas entre si em ângulo reto, de modo a apresentar um formato de cruz horizontal com prumos fixados em cada uma das extremidades. Este instrumento podia ser rotacionado ao longo de uma haste vertical colocada no centro do mesmo, era nivelado, e assim, utilizado para obtenção de alinhamentos. O coróbato, por sua vez, era constituído de uma régua de madeira e duas peças verticais que serviam de apoio. No centro da régua havia um entalhe esculpido para retenção de água, podendo este instrumento ser utilizado como um nível (MCCOMARC; SARASUA; DAVIS, 2017). Na Figura 1 é ilustrada dois dos instrumentos topográficos usados pelos romanos em suas atividades.

**Figura 1.** (A) Groma, instrumento utilizado para definir ângulos retos e (B) Coróbato, dispositivo usado como nível.



Fonte: McComarc (2017)

Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014) comentam que os instrumentos e métodos

topográficos alcançaram, com o passar do tempo, modelos e interfaces de melhor qualidade, oferecendo para os profissionais da área recursos com maior controle de erros e exatidão nos resultados.

No século XIX, os processos e instrumentos topográficos passaram por avanços. Como fatos dessa época, podem-se citar a invenção do taqueômetro, em torno de 1835, pelo italiano Ignazio Porro; a execução do primeiro nivelamento geral na França, por Bourdaloue; as medidas de um arco de meridiano de um grau próximo ao equador (110.614 m) e de outro junto ao círculo polar ártico (111.949 m), patrocinadas pela Academia de Ciências de Paris, com consequente vitória das ideias newtonianas de uma Terra achatada. Este último fato é considerado um dos marcos da Geodésia. (TULER; SARAIVA, 2014, p.).

Tuler e Saraiva (2014) ainda afirmam que foi durante o século XX que ocorreu a modernização dos equipamentos topográficos e geodésicos, em razão do surgimento e evolução da informática e da eletrônica. Esse fato só foi possível após a Segunda Guerra mundial, que permitiu grandes avanços na Topografia e Geodésia, fazendo com que essas ciências atingissem um alto grau de eficiência e exatidão nas informações.

Segundo Tuler e Saraiva (2014), a primeira inovação foi marcada pela chegada do medidor eletrônico de distâncias (MED), em 1943. Esse aparelho possibilitou maior precisão no que se refere a medições, uma vez que os números obtidos passaram da ordem de centímetros para milímetros, conferindo maior qualidade as informações. A segunda inovação ocorreu na década de 1970, com o surgimento dos teodolitos eletrônicos, e por último, a terceira inovação que foi caracterizada pelo aparecimento das cadernetas eletrônicas, que tomaram o lugar das cadernetas de campo por possibilitar armazenar dados em meio digital.

Conforme Friedmann e Veiga (2010), na década de 1980, os profissionais da área de topografia tiveram acesso ao uso de estações totais, um modelo inovador que uniu os medidores eletrônicos de distância com os teodolitos eletrônicos.

Nos últimos anos a topografia alcançou novos paradigmas com a descoberta de diversos instrumentos para obtenção de medidas topográficas, como a Estação Total, Nível digital e Nível a laser, Escâner laser, Trenas laser, Ecobatímetros, sistemas de medição por satélite, por exemplo, dos receptores dos sistemas NAVSTAR-GPS, em conjunto com armazenamento de dados em coletores digitais (TULER; SARAIVA, 2014).

## 2.2 IMPORTÂNCIA DA TOPOGRAFIA PARA ENGENHARIA CIVIL

De acordo com Veiga, Zanetti e Faggion (2012), a topografia, em muitos trabalhos de Engenharia Civil, encontra-se em todas as etapas do processo de realização, desde a

elaboração de um plano ou projeto, fornecendo dados sobre o terreno, bem como na execução e andamento de obras, realizando locações e verificações métricas, além de ser aplicada no monitoramento de obras já finalizadas.

Giacomin (2009) acredita que a topografia é necessária para realização de diversas atividades ligadas a engenharia, agronomia e trabalhos arquitetônicos. Em projetos de Engenharia Civil, de modo particular, é de grande importância estabelecer o conhecimento acerca das configurações do terreno onde a obra será firmada, de modo a eliminar possíveis erros que possam ocorrer durante o processo de execução em decorrência de um estudo mal elaborado, e ainda, garantir condições de economia, estética e qualidade.

Segundo Borges (2013) os trabalhos topográficos permitem a representação, em planta, do relevo do solo, contemplando seus contornos, desníveis e elevações, bem como, possibilita determinar a porção de solo que precisará ser retirada (corte) ou acrescida (aterro) para que o terreno alcance a planicidade, em casos de superfícies irregulares.

Borges (2013) ainda complementa que a topografia se ajusta a qualquer atividade desempenhada pelo profissional de engenharia, uma vez que, esta é a base fundamental para a elaboração e execução de projetos dessa área, como construções de estradas, pontes, barragens, edificações, usinas hidrelétricas, dentre outras aplicações.

## 2.3 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

De acordo com Giacommi (2009), a topografia consiste na representação de uma porção limitada da terra com o uso de diversos aparelhos e métodos de levantamento que possibilitam descrever características e formas dessa área sobre uma superfície plana denominada plano topográfico.

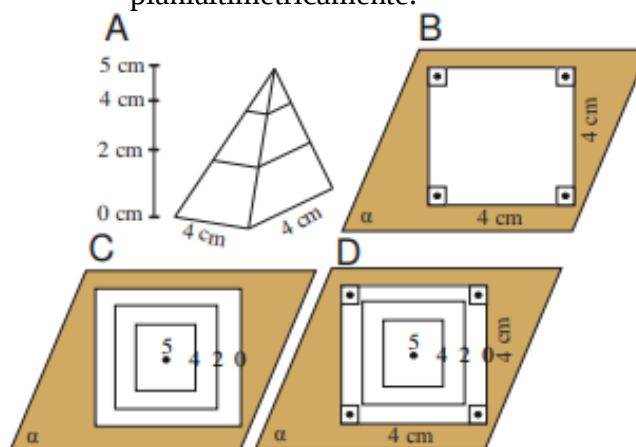
Conforme Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014), a topografia tem por finalidade a representação planialtimétrica, em escala adequada, de uma superfície terrestre estabelecida, sendo o levantamento topográfico e a locação topográfica as atividades mais comuns desse ramo.

O levantamento topográfico consiste na representação gráfica exata, em carta ou planta, de todas as informações importantes existentes num terreno de uma determinada área, contendo, em escala, todos os detalhes que foram levantados (JÚNIOR; ROLIM NETO; ANDRADE, 2014).

Segundo Veiga, Zanetti e Faggion (2012), o levantamento topográfico pode ser dividido em dois tipos principais, sendo eles o levantamento planimétrico, responsável pela medição de distâncias horizontais (coordenadas X e Y) e o levantamento altimétrico, que tem como objetivo estabelecer as diferenças de níveis ou cotas (coordenada Z). A representação conjunta destes dois levantamentos recebe o nome de levantamento planialtimétrico, uma vez que, leva em consideração as medidas e coordenadas planimétricas e altimétricas.

Na figura 2 é mostrada uma pirâmide sendo representada altimetricamente, planimetricamente e planialtimetricamente.

**Figura 2.** Pirâmide no espaço (A) sendo representada (B) planimétrica, (C) altimétrica e (D) planialtimetricamente.



*Fonte: Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014)*

O levantamento planialtimétrico consiste no levantamento planimétrico com a adição dos dados altimétricos do terreno. Esse tipo de levantamento geralmente é feito com o uso da taqueometria ou estações totais. Para alcançar eficiência máxima na altimetria é necessária a realização do nivelamento geométrico, por meio de nível de precisão e miras, uma vez que, a posição planimétrica do ponto seja conhecida (PINTO, 2000).

Comastri e Tuler (2005) comentam que o conhecimento sobre o relevo de determinado terreno, conhecido planimetricamente, é possível por meio da determinação das distâncias verticais dos seus relativos pontos, tendo como base um plano de referência. Esta operação pode ser feita utilizando métodos de instrumentos apropriados, como o Nivelamento Trigonométrico, Nivelamento Geométrico e Nivelamento com GPS.

Veiga, Zanetti e Faggion (2012) acrescentam que existem diferentes métodos de nivelamento que possibilitam a determinação de desníveis entre pontos, com graus de

precisão que podem variar de centímetros a submilímetros. A aplicação de cada método está relacionada à finalidade da atividade a ser realizada.

Na tabela 1 são apontados alguns instrumentos utilizados na topografia e suas exatidões, conforme Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014).

**Tabela 1.** Instrumentos topográficos com suas respectivas exatidões.

| <b>Instrumento</b>                    | <b>Exatidão</b> |
|---------------------------------------|-----------------|
| Nível de luneta                       | Alta            |
| Teodolito                             | Média           |
| Nível de mangueira                    | Média           |
| Jogo de réguas                        | Média           |
| Estação total                         | Média/Alta*     |
| GNSS                                  | Média/Alta*     |
| Barômetro                             | Baixa           |
| *Depende do método e modelo utilizado |                 |

*Fonte: (Júnior, Rolim Neto e Andrade, 2014)*

### 2.3.1 Levantamento Geométrico

De acordo com Veiga, Zanetti e Faggion (2012) o nivelamento geométrico trata-se de um conjunto de operações que tem por objetivo determinar a diferença de nível entre dois pontos quaisquer de um terreno por intermédio de leituras de miras realizadas com o uso de níveis. Este método pode ser aplicado tanto em atividades de fins geodésicos quanto topográficos, sendo que a diferença é encontrada nos instrumentos empregados e no grau de precisão que, por sua vez, é maior quando utilizado em atividades da Geodésia.

Para Comastri e Tuler (2005) com base no instrumental utilizado, o nivelamento geométrico pode ser classificado em nivelamento de precisão, média precisão ou alta precisão. No nivelamento de precisão a ferramenta topográfica utilizada é o nível de luneta, juntamente com a mira falante. Já no nivelamento de média precisão são empregados, normalmente, equipamentos como o nível de borracha, nível d'água ou, ainda, o jogo de réguas acompanhado pelo nível de pedreiro. Por último, tem-se o nivelamento de alta precisão, em que são utilizadas placas plano-paralelas ou níveis associados às miras de invar.

Conforme Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014), este tipo de nivelamento é

considerado o mais simples de ser realizado e apresenta maior precisão no que se refere à obtenção de diferença de nível, altitudes e cotas, quando comparado a outros métodos. Para o alcance dessas medidas verticais, o nivelamento geométrico faz uso do nível de luneta, e fundamenta-se em visadas horizontais sucessivas nas miras colocadas na posição vertical.

Segundo Antunes (1995) a precisão do nivelamento geométrico depende somente da eficiência do aparelho utilizado e graduação da escala de miras, bem como, da distância entre os pontos.

Na figura 3 são apresentados alguns instrumentos topográficos utilizados para a realização do nivelamento geométrico.

**Figura 3.** Aparelhos utilizados em nivelamento geométrico: nível de precisão, tripé de sustentação e mira topográfica, respectivamente.



*Fonte: LHGeo Equipamentos Topográficos<sup>1</sup>*

De acordo com Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014), o nivelamento geométrico pode ser simples ou composto, dependendo da quantidade de estações que forem utilizadas.

#### 2.3.1.1 Nivelamento geométrico simples

Veiga, Zanetti e Faggion (2012) comentam que no nivelamento geométrico simples a diferença de nível entre os pontos escolhidos pode ser estabelecida com uma montagem única do equipamento, isto é, um único lance.

De acordo com Comastri e Tuler (2005) o nivelamento geométrico simples trata-se de um método empregado, somente, quando não é necessário o uso de um maior número de estação para obtenção de informações. A instalação do tripé com o nível deve ser feita numa

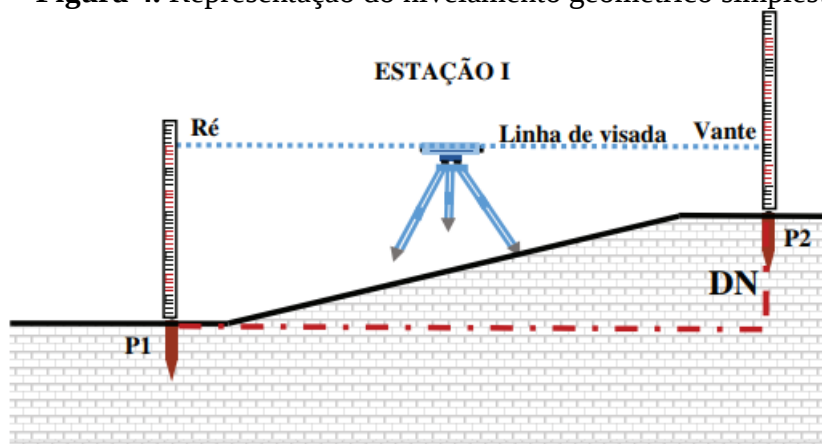
---

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.lhgeo.com.br/nivel-de-precisao-cst-berger-sal-32>>. Acesso em fev. 2019.

localidade onde os pontos que se deseja mensurar os desníveis sejam visados, normalmente num espaço equidistante dos pontos mais extremos.

Na Figura 4 é representado um nivelamento geométrico simples, em que a instalação do equipamento é feita num local que permita a visualização de todos os pontos, utilizando uma única estação.

**Figura 4.** Representação do nivelamento geométrico simples.



*Fonte: Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014)*

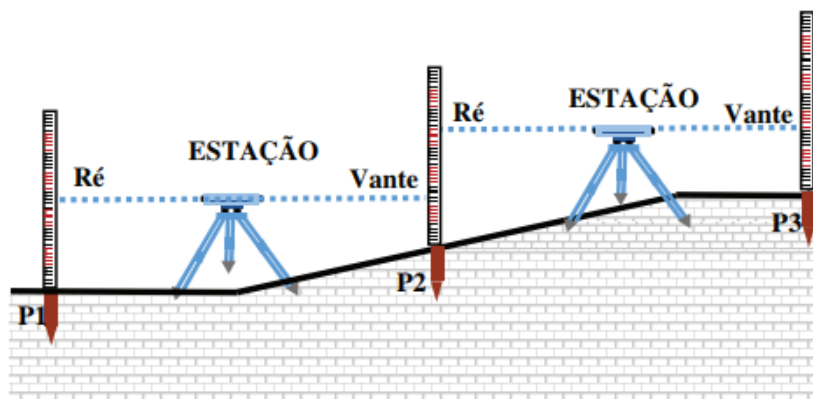
#### 2.3.1.2 Nivelamento geométrico composto

O nivelamento geométrico composto consiste numa sucessão de nivelamentos geométricos simples, ou seja, o desnível total é determinado a partir da soma dos desníveis de cada lance, sendo, portanto, necessária a instalação do equipamento num maior número de vezes (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

Segundo Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014) o nivelamento geométrico composto é aplicado em casos onde não é possível visualizar os pontos necessários a partir da realização do nivelamento geométrico simples, devido à presença de obstáculos no local determinado.

Na Figura 5 é representado um nivelamento geométrico composto, utilizando duas Estações para a visada dos pontos.

**Figura 5.** Representação do nivelamento geométrico composto.



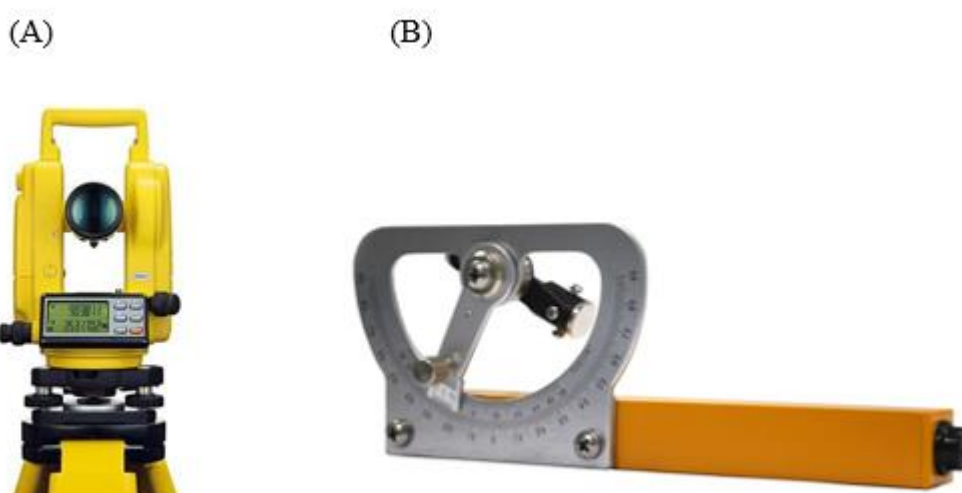
*Fonte: Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014)*

### 2.3.2 Levantamento Trigonométrico

Segundo Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014) o nivelamento trigonométrico trata-se de um método utilizado para a determinação da diferença de nível entre pontos considerados do terreno, através do uso da trigonometria. Os instrumentos empregados na aplicação deste nivelamento são o Teodolito e o Clinômetro.

Na Figura 6 são representados estes dois instrumentos para determinação de desnível por trigonometria.

**Figura 6.** (A) Teodolito e (B) Clinômetro.



*Fonte: Embratop<sup>2</sup>*

<sup>2</sup> Disponível: <<https://www.embratop.com.br/produto/clinometro/>>. Acesso em fev. 2019.

Veiga, Zanetti e Faggion (2012) comentam que para a realização do nivelamento trigonométrico é importante a coleta em campo de todos os dados do terreno, distâncias horizontais ou inclinadas, ângulos, bem como, altura do equipamento e do refletor. Admitem, ainda, que este método pode ser dividido em nivelamento trigonométrico de lances curtos, com visadas de até 150m, e lances longos, com visadas acima de 150m, no qual é necessário considerar a curvatura da terra e a refração atmosférica.

Segundo Coelho Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014), o nivelamento trigonométrico apresenta uma precisão muito baixa, quando comparado ao nivelamento geométrico, contudo, por lidar com a variação do ângulo zenital, dispõe de praticidade no processo de execução e obtenção de dados, contribuindo para a realização do levantamento em menor tempo.

### **2.3.3 Levantamento Planialtimétrico com GPS**

De acordo com Felipe (2015) o Sistema de posicionamento Global (GPS) é considerado um dos principais avanços tecnológicos do século XX, de modo a revolucionar técnicas das áreas de engenharia de mapeamento, agronomia, cartografia, dentre outras atividades. Este sistema foi desenvolvido em 1973 pelo departamento de defesa dos Estados Unidos (DoD) com a finalidade de atender as necessidades militares, sendo, em seguida, viabilizado para toda a comunidade civil.

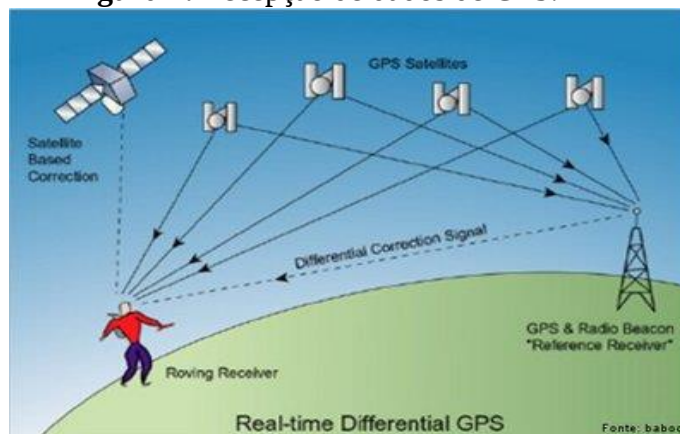
O GPS (Global Positioning System) é um sistema de posicionamento de cobertura global, isto é, possível de ser utilizado em qualquer ponto à superfície da Terra ou nas suas imediações atmosféricas, e que se baseia na medição de distâncias através de tempos de percurso e diferença de fase de sinais electromagnéticos emitidos por uma constelação de satélites artificiais (ANTUNES, 1995, p. 39).

O primeiro sistema de satélite disponibilizado a comunidade civil foi o TRANSIT, no ano de 1967. A utilidade desse sistema era destinada, principalmente, a navegações, localização de recursos naturais e controle de redes geodésicas, permitindo estabelecer pontos com precisão na ordem de decímetro. Somente com o surgimento do Sistema de Posicionamento Global NAVSTAR melhores precisões foram alcançadas (ORTH et al., 2004).

O Global Positioning System – GPS (Sistema de Posicionamento Global), nos dias atuais têm sido o método de posicionamento mais conhecido e sua operacionalidade passou a ser considerada somente no ano de 1995. Dispõe de 24 satélites a 20200 km da superfície da

terra em 6 planos orbitais, uma vez que, cada plano possui 4 satélites (JÚNIOR; ROLIM NETO; ANDRADE, 2014). Na Figura 7 é mostrada como ocorre a recepção de dados de sistemas GPS's.

**Figura 7.** Recepção de dados de GPS.



*Fonte: Dia a dia educação<sup>3</sup>*

Segundo Pinto (2000), o GPS passou a ser utilizado nas mais diversas aplicações civis em razão da precisão disponibilizada por este sistema, bem como, a tecnologia envolvida nos receptores GPS. Além disso, permite ao usuário obter, em tempo real, a posição tridimensional de qualquer ponto da superfície terrestre, por dispor de no mínimo quatro satélites para rastreamento. Quando relacionado aos demais métodos de posicionamento, uma das principais vantagens do GPS é poder ser utilizado em qualquer situação climática, a qualquer hora do dia.

De acordo com Timbó (2000), o resultado do levantamento GPS aplicando o levantamento relativo diferencial é assemelhado a um poliedro de estações com posições conhecidas com elevada precisão. Estas precisões, por sua vez, podem ser representadas por coordenadas elipsoidais (geodésicas), latitude, longitude e altitude. No que se refere à altitude, estas podem ser geoidais, definidas pela diferença entre um ponto localizado na superfície da terra e um geoide de referência, ou elipsoidais, que consistem na distância entre um ponto e um elipsoide de referência.

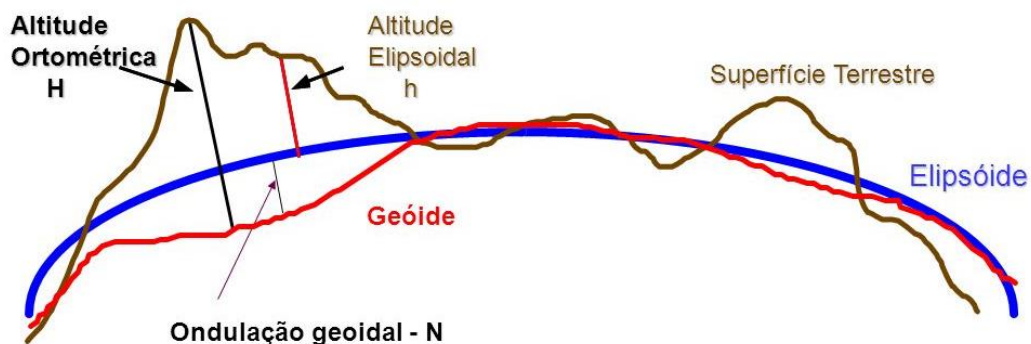
Coelho (2003) destaca a importância do conhecimento acerca da altura geoidal para medições altimétricas realizadas por sistemas GPS. Para tanto, a altitude elipsoidal deve ser subtraída da altitude geoidal para que, desta forma, fiquem referidas ao geóide. A altura

<sup>3</sup> Disponível em:

<<http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1063&evento=1#menu-galeria>>. Acesso em fev. 2019.

geoidal pode ser determinada por meio do mapa ou modelo geoidal. Na Figura 8 são representadas as ondulações referentes às altitudes elipsoidais e geoidais.

**Figura 8.** Referência das altitudes.



*Fonte: Santos, Silva e Souza (2016).*

#### 2.3.3.1 Tipos de Receptores GPS

Existem diversos tipos de receptores GPS, sendo que cada aparelho apresenta na descrição o seu grau de precisão. Contudo, esse valor pode ser aumentado por vendedores que buscam facilidade na comercialização desse produto. Dessa forma, é importante atentar para a escolha do equipamento que melhor atende as exigências da atividade a ser desenvolvida. Pode-se, então, mencionar os receptores de navegação, GPS diferencial, cadastrais, topográficos e geodésicos (BORGES, 2002).

Segundo Antunes (1995), os receptores do primeiro tipo (receptores de navegação) apresentam pouca precisão em relação aos demais e são aplicados, somente, em coordenação de pequena escala ou posicionamento de menor precisão. Já os receptores do segundo e terceiro tipo expressam resultados de posicionamento com maior exatidão e, por esse motivo, são empregados em atividades da topografia, hidrografia, geodésia ou qualquer aplicação de posicionamento que exija maior correção. Os receptores que realizam apenas a medição de diferença de fases, por sua vez, apresentam desvantagens em razão de não conseguirem, de forma direta, as efemérides dos satélites, dependendo de outros meios para a obtenção de dados.

#### 2.3.3.1.1 GPS de navegação

Os receptores GPS têm por finalidade estabelecer coordenadas de pontos importantes e podem ser encontrados no mercado atual em diferentes modelos e tamanhos variados. Os receptores de navegação atuam com precisão de aproximadamente 15 metros e dispõem de diversas possibilidades de configuração. Dentre as funcionalidades desse sistema pode-se mencionar o resguardo de pontos com coordenadas e o cálculo de áreas, além de outras aplicabilidades que estão relacionadas ao modelo do aparelho (BARBOSA et al., 2010).

Para Tragueta (2008) os GPS de navegação proporcionam o posicionamento em tempo real, com base no código C/A ou P. Com o código C/A obtém-se uma precisão da ordem de 30 a 100 metros, e uma precisão da ordem de 3 a 10 metros com o código P. Entretanto, os instrumentos de código P são disponibilizados somente para uso das forças armadas americanas ou operadores autorizados. Na Figura 9 é mostrado o GPS de navegação GARMIN 78s.

**Figura 9.** GPS de navegação.



*Fonte: Geotécnica equipamentos e sistemas topográficos<sup>4</sup>*

#### 2.3.3.1.2 RTK

O posicionamento relativo em tempo real designado Real-Time Kinematic (RTK) tem sido um sistema de bastante aplicação por possibilitar ao operador conhecer a sua posição exata em tempo real, de modo que não seja necessário realizar o processamento posterior de dados, podendo, ainda, atingir uma precisão centimétrica (DAI et al., 2003). Contudo, de

---

<sup>4</sup> Disponível em: < <http://www.geotecnica.com.br/prod-garmin-navegacao.php>>. Acesso em fev. 2019.

acordo com Alves (2008), os resultados obtidos por meio desse método podem ser degenerados com o aumento do comprimento da linha base, visto que erros de ionosfera, troposfera e órbita dos satélites adquiridos pelo usuário diminuem sua correlação, podendo tornar o posicionamento inviável.

Barbosa et al. (2010) explica que no posicionamento RTK os dados são levantados a partir de dois receptores. Um dos receptores encontra-se instalado sobre um ponto de coordenadas conhecidas, recebendo o nome de estação de referência. Já o segundo receptor, posicionado nas proximidades, é denominado receptor móvel e realiza a coleta de informações nos pontos relevantes para o usuário a fim de posterior determinação da posição em tempo real. Na Figura 10 é apresentado um modelo de receptor RTK desenvolvido pela Foif.

**Figura 10.** Receptor RTK A30.



*Fonte: Measerement Systems Ltd<sup>5</sup>*

#### 2.3.3.1.3 Geodésicos

Os receptores geodésicos dispõem de frequência dupla, sendo estas a L1 (e código C/A) e a L2 (código C/A ou P). Estes instrumentos apresentam recursos eletrônicos que possibilitam o alcance de precisões na ordem de milímetros, em tempo reduzido se comparado a um receptor GPS topográfico. São os mais completos e, em razão disso, possuem custo elevado. No que se refere à utilização, são mais indicados para atividades geodésicas de alta precisão (TRAGUETA, 2008). Na Figura 11 é apresentado um receptor

---

<sup>5</sup> Disponível em: < <http://measurementsystems.org/foif-a30-gnss-receiver>>. Acesso em fev. 2019.

Geodésico da marca ProMark3.

**Figura 11.** Receptor Geodésico.



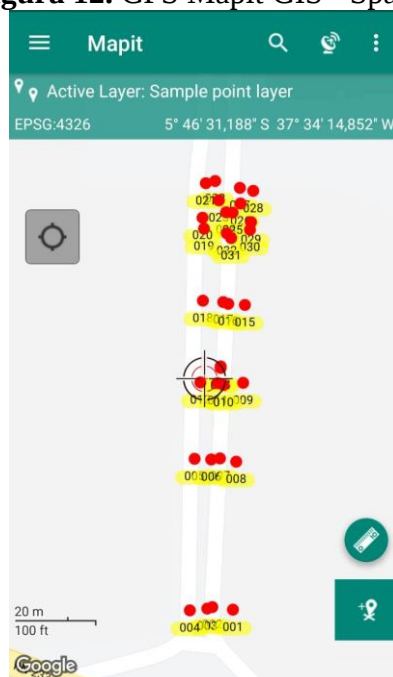
*Fonte: Milan Topografia<sup>6</sup>*

#### 2.3.3.1.4 GPS de aplicativo de celular

Tendo em vista o progresso e aperfeiçoamento dos aplicativos, os telefones celulares têm se mostrado bastante aplicáveis para a realização de trabalhos ligados a topografia, sendo capazes de executar atividades com precisão, assemelhando-se aos receptores de sistemas globais de navegação por satélite (GONÇALVES, 2016).

Gonçalves (2016) acrescenta que na atualidade o GPS de navegação tem sido menos aplicado em função do desenvolvimento de novos aparelhos Smartphones que possuem um GPS introduzido em seu sistema, contando ainda, com o sistema A-GPS e diversos aplicativos GNSS para marcação de coordenadas. Estes aplicativos processam as informações de maneira rápida e disponibilizam de fácil manuseio. Permitem salvar as coordenadas em arquivos que aceleram o processo de obtenção de mapas topográficos. Na Figura 12 é mostrado um dos mais diversos GPS de aplicativos que podem ser utilizados para obtenção de medidas.

<sup>6</sup> Disponível em: <://www.milantopografia.com.br/gps-geodesico.html >. Acesso em fev. 2019.

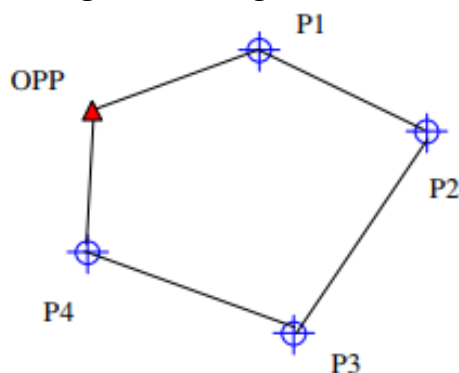
**Figura 12.** GPS Mapit GIS - Spatial

*Fonte: Autoria própria (2019)*

## 2.4 POLIGONAÇÃO

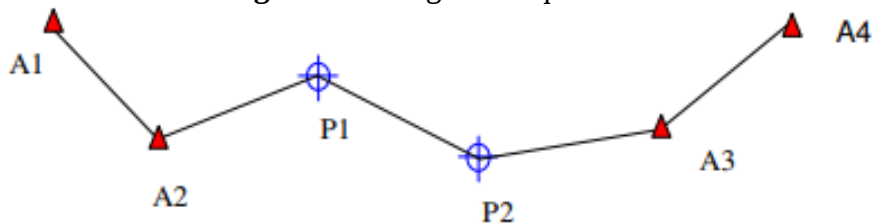
Segundo Veiga, Zanetti e Faggion (2012), a poligonação trata-se de um método topográfico bastante utilizado para definição de coordenadas de pontos. Uma poligonal, por sua vez, pode ser entendida como sendo um conjunto de retas consecutivas não colineares com comprimentos e direções determinadas através da realização de medições em campo. As poligonais podem ser classificadas em fechadas, enquadradas e abertas.

- Poligonal fechada: inicia de um ponto com coordenadas conhecidas e retorna a esse mesmo ponto, Figura 13. Possibilitam o cálculo de erro de fechamentos angulares e lineares.

**Figura 13.** Poligonal fechada.

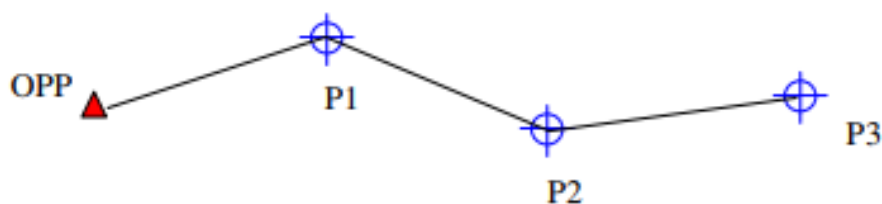
Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

- Poligonal enquadrada: inicia em dois pontos com coordenadas conhecidas e encerra em outros dois pontos com coordenadas também conhecidas, Figura 14. Assim como a poligonal fechada, permite a certificação de erros de fechamento angular e linear.

**Figura 14.** Poligonal enquadrada.

Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

- Poligonal aberta: inicia em um ponto com coordenadas conhecidas e encerra num ponto no qual se deseja estabelecer as coordenadas, Figura 15. Diferente das demais poligonais, não permite a determinação de erros de fechamento, e por esse motivo, é importante atentar para alguns cuidados durante a realização do levantamento, de modo a evitar a ocorrência desses erros.

**Figura 15.** Poligonal aberta.

Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012)

Veiga, Zanetti e Faggion (2012) acrescentam que o levantamento de uma poligonal é feito com uso do método de caminhamento. Desta forma, caminhando-se por um percurso definido por uma sucessão de pontos é possível obter todos os dados referentes a ângulos, distâncias e orientações iniciais. Com base nessas informações e com o conhecimento de uma coordenada de partida é permitido o cálculo das coordenadas de todos os pontos da poligonal.

De acordo com Ghiorzi (2002) o levantamento por caminhamento é um método que exige trabalho, mas dispõe de boa precisão. Se adequa a qualquer área, sendo aplicado, principalmente, em territórios acidentados e de grande extensão. Com nem sempre é possível percorrer precisamente o perímetro da propriedade, o polígono produzido no levantamento não corresponderá à área pretendida, fazendo-se necessário o auxílio dos métodos de irradiação, o método de complemento mais utilizado, e intersecção, empregado para amarração de pontos inacessíveis.

Zocolotti Filho (2005) ressalta os principais equipamentos de medição utilizados na poligonação, destacando as estações totais em conjunto de instrumentos auxiliares, como tripés, bases nivelantes e prismas refletor, bem como, equipamentos meteorológicos para o reparo de efeitos ambientais que possam influenciar na precisão das medidas.

## 2.5 UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM LEVANTAMENTOS PLANIALTIMÉTRICOS

Os equipamentos topográficos são fundamentais para a realização de levantamentos e locações. Dentre os aparatos utilizados no desempenho de atividades ligadas a topografia pode-se encontrar os instrumentos de medição e os acessórios que auxiliam na medição. São exemplos de instrumentos a Estação Total, Nível de Luneta, Teodolito, Trena, Distanciômetro Eletrônico entre outros (JÚNIOR; ROLIM NETO; ANDRADE, 2014).

Os parâmetros fundamentais da topografia são os ângulos e as distâncias. Com o progresso da microeletrônica, principalmente após a segunda guerra mundial, os equipamentos topográficos empregados para medição destas grandezas também evoluíram, de modo a facilitar o trabalho do operador, reduzindo sua participação na obtenção de dados em campo (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

### 2.5.1 Uso da Estação Total e Teodolito em levantamentos topográficos

#### 2.5.1.1 Teodolitos

Os Teodolitos são equipamentos que realizam a medição de ângulos verticais ou direções horizontais para uma posterior definição dos ângulos internos ou externos de uma poligonal, e ainda, o posicionamento de particularidades relevantes ao levantamento. Os teodolitos podem ser encontrados em modelos diferenciados e classificados pela finalidade, podendo ser topográficos, astronômicos ou geodésicos, quanto à forma podendo ser ópticos-mecânicos ou eletrônicos e quanto à precisão (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

No que se refere à precisão, a NBR 13133/1994 que trata da execução de levantamento topográfico classifica os Teodolitos de acordo com o desvio padrão de uma posição observada em duas direções da luneta (ABNT, 1994, p. 6). A Tabela 2 classifica os teodolitos quanto à precisão.

**Tabela 2.** Classificação dos Teodolitos quanto à precisão.

| <b>Classe de teodolitos</b> | <b>Desvio padrão<br/>Precisão regular</b> |
|-----------------------------|-------------------------------------------|
| 1 – precisão baixa          | $\leq \pm 30''$                           |
| 2 – precisão média          | $\leq \pm 07''$                           |
| 3 – precisão alta           | $\leq \pm 02''$                           |

*Fonte: ABNT (1994)*

#### 2.5.1.2 Estações Totais

De acordo com Júnior, Rolim Neto e Andrade (2014) a Estação Total é um instrumento da topografia empregado para obtenção de ângulos, distâncias e coordenadas que permitem a representação da área desejada. Este aparelho é considerado como sendo um teodolito eletrônico, uma vez que, possibilita o armazenamento de dados numa memória interna sendo, em sequência, descarregados para um computador e processados com a ajuda de *softwares*. Além disso, realizam todo o levantamento de dados em campo sem utilização de energia elétrica (JÚNIOR; ROLIM NETO; ANDRADE, 2014).

Conforme a NBR 13.133 da ABNT, as Estações Totais são classificadas segundo os desvios-padrões das precisões angulares e lineares, Tabela 3.

**Tabela 3.** Classificação das Estações Totais.

| <b>Classes de estações totais</b> | <b>Desvio-padrão<br/>Precisão angular</b> | <b>Desvio-padrão<br/>Precisão linear</b>     |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1 – precisão baixa                | $\leq \pm 30''$                           | $\pm (5\text{mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$ |
| 2 – precisão média                | $\leq \pm 07''$                           | $\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$  |
| 3 – precisão alta                 | $\leq \pm 02''$                           | $\pm (3\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$  |

*Fonte: ABNT (1994)*

### 3 METODOLOGIA

O levantamento topográfico ocorreu em duas etapas: a coleta de dados em campo e o processamento desses dados em escritório, respectivamente. Mesmo se tratando de processos diferentes estão intimamente relacionados, uma vez que a eficiência no processamento dos dados depende totalmente do sucesso das informações coletadas em campo.

#### 3.1 TRABALHO EM CAMPO

##### 3.1.1 Descrição da área de estudo

Neste estudo adotou-se uma metodologia de caráter exploratório, de forma que, a partir de um levantamento em campo efetuado numa área situada entre a RN-223 e a entrada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Campus Caraúbas, Rio Grande do Norte, fosse possível realizar uma análise comparativa dos resultados e apresentar conclusões acerca do desempenho e precisão de cada instrumento topográfico empregado no processo de obtenção de dados.

A preferência pela área geográfica decorreu da acessibilidade do local, tendo como principal fator de influência as características apresentadas no que diz respeito à presença de irregularidades no relevo, considerando ainda, os seus traços e dimensões. Com base nas medições e contornos gerados pela estação total, o terreno dispõe de uma área aproximada de 2484, 440 m<sup>2</sup>, cujo perímetro é de 366.9049 m. Na Figura 16 é representada a área de estudo descrita.

**Figura 16.** Representação da área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2019)

As informações importantes acerca do terreno foram coletadas através da distribuição de trinta e dois pontos situados em locais estratégicos e relativamente relevantes, conferindo, assim, uma melhor análise e representação gráfica da área estudada.

Tendo o conhecimento do espaço em questão, realizou-se o traçado da área de estudo mostrada anteriormente através da ligação dos pontos obtidos pela Estação Total. Na Figura 17 é apresentada a posição relativa de cada um dos pontos tomados.

**Figura 17.** Posição relativa dos pontos e contorno da área estudada.



Fonte: Autoria própria (2019)

### **3.1.2 Equipamentos**

Para a realização dos levantamentos planialtimétricos, os equipamentos utilizados para a coleta de dados foram à Estação Total FOIF série TS 650, GPS de navegação GARMIN 78S e GPS de aplicativo android Mapit Spatial, sendo a estação total o instrumento base usado para a comparação com os demais.

### **3.1.3 Obtenções dos dados planialtimétricos**

#### **3.1.3.1 Nivelamento planialtimétrico com GPS de navegação**

Para a realização do levantamento planialtimétrico com GPS de navegação foi utilizado o receptor GARMIN 78S configurado em coordenadas no formato DMS (graus, minutos e segundos) que, por sua vez, consiste num sistema de coordenadas geográficas e, vinculadas ao sistema referencial de localização terrestre WGS 84 (World Geodetic System).

No processo de obtenção das coordenadas é importante atentar para altura de captura de cada ponto, de modo que estes sejam marcados numa mesma elevação em relação à superfície do solo, sendo necessário, também, esperar um tempo de aproximadamente três a cinco minutos para que ocorra a estabilização das coordenadas. Esse procedimento diminui a ocorrência de erros e, conseqüentemente, confere maior precisão aos resultados. Foram registradas coordenadas de um total de trinta e dois pontos dispostos em locais de maior influência e contribuição para a finalidade desejada. Na Figura 18 é mostrado o GPS de navegação empregado para obtenção dos dados.

**Figura 18.** GPS de navegação.



*Fonte: Autoria própria (2019)*

### 3.1.3.2 Nivelamento planialtimétrico com GPS de aplicativo

O levantamento planialtimétrico utilizando GPS de aplicativo Android foi realizada através do Mapit Spatial Geopackage Manager, Figura 19, uma ferramenta de mapeamento e levantamento de baixo custo e de fácil manuseio. Este aplicativo também foi configurado no Datum WGS 84 e utilizou de coordenadas DMS, vista a necessidade de manter todos os instrumentos num mesmo padrão de configuração.

**Figura 19.** GPS de aplicativo Mapit Spatial.



*Fonte: Autoria própria (2019)*

Na demarcação das coordenadas de todos os pontos foi mantido o GPS de aplicativo

Android na mesma posição do GPS de navegação, ambos colocados a uma mesma altura, sendo verificados os valores mostrados pelos dois instrumentos e a diferença entre eles.

### 3.1.3.3 Nivelamento planialtimétrico com Estação Total

A Estação Total usada para obtenção das medidas planialtimétricas do terreno foi da marca FOIF, série TS 650. Inicialmente o instrumento foi instalado num ponto fixo onde fosse possível a visada de todos os pontos e configurado conforme instruções do manual. Para tanto, foi utilizado um tripé para sustentação da Estação Total, conforme mostra a Figura 20. Feito o processo de instalação, utilizou-se o prisma como instrumento auxiliar para a reflexão do sinal emitido pela Estação. A disposição dos pontos foi à mesma para os três equipamentos utilizados.

**Figura 20.** Estação total e tripé de sustentação.



*Fonte: Autoria própria (2019)*

## 3.2 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Após a realização da atividade em campo os dados obtidos foram descarregados no computador e trabalhados com o auxílio de *softwares*. Os dados coletados pelo receptor GPS GARMIN e o GPS de aplicativo Mapit Spatial foram descarregados para o *software* GPS

TrackMaker, que permite visualizar no mapa a posição dos respectivos pontos do terreno. É importante esclarecer que para uma melhor análise acerca da variação das distâncias, as coordenadas obtidas no levantamento em campo que se encontravam no formato DMS (Graus, minutos e segundos) foram transformadas para o formato UTM (Universal Transversa Mercator), que consiste num sistema de coordenadas planas que fornece as medidas em unidades métricas.

Com a obtenção de todas as medidas, em metros, as coordenadas foram lançadas no AutoCAD 2018 e AutoCAD Civil 3D e traçados os contornos do terreno e as curvas de nível, respectivamente, tanto pela ligação dos pontos obtidos pelo GPS de navegação, como pela associação dos pontos do GPS de aplicativo, considerando que ambos os instrumentos encontravam-se georreferenciados de acordo com o Datum WGS 84.

A Estação Total, por sua vez, trabalhou com um sistema de coordenada própria, visto que não foi inserida nenhuma coordenada georreferenciada inicialmente. Por essa razão, os dados da estação total foram georreferenciados com base nos GPS de aplicativo e navegação. Para tanto, o ponto P1 da estação da total foi usado como a média planimétrica entre os pontos iniciais (P1) de ambos os GPS's, e ainda com o ponto (P4), possibilitando o georreferenciamento dos demais pontos da Estação, as cotas ainda foram ajustadas de acordo com uma única cota (ponto P1) para os três equipamentos. Em sequência, os erros das coordenadas obtidos pelos aparelhos GPS foram verificados a partir da discrepância existente entre o esboço da área formada por estes dispositivos e o esboço formado pela Estação Total, tendo esta como instrumento base e de maior precisão.

Utilizou-se o EXCEL para tabelar as distâncias X e Y obtidas por cada instrumento topográfico, bem como para efetuar os cálculos das cotas de cada ponto. Com os valores organizados em tabela, ainda fazendo uso do *software* EXCEL foram calculados os erros planialtimétricos de cada ponto obtido pelo GPS de navegação e GPS de aplicativo e, em seguida, feita a média de todos os erros. Para melhor visualização e análise comparativa dos erros, estes foram dispostos em gráfico de barra.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após o processamento dos dados planialtimétricos, estes foram organizados em tabelas e representados em gráficos para melhor quantificação e análise comparativa dos valores obtidos por cada instrumento topográfico.

Na Tabela 4 estão dispostas todas as medidas obtidas pela Estação Total, sendo estas utilizadas como base para comparação com as medições apresentadas pelos demais equipamentos.

**Tabela 4.** Dados obtidos com a Estação Total.

| DESCRIÇÃO | Estação total |              |            |
|-----------|---------------|--------------|------------|
|           | Coord X (m)   | Coord Y (m)  | Cota Z (m) |
| P1        | 658260,2330   | 9361345,4350 | 10,00      |
| P2        | 658253,3536   | 9361345,6688 | 9,97       |
| P3        | 658251,1978   | 9361345,7806 | 9,96       |
| P4        | 658244,1751   | 9361345,9923 | 9,94       |
| P5        | 658246,8136   | 9361401,8969 | 12,94      |
| P6        | 658253,6621   | 9361401,4864 | 12,96      |
| P7        | 658255,8687   | 9361401,3037 | 12,96      |
| P8        | 658262,7702   | 9361400,4130 | 12,97      |
| P9        | 658264,0265   | 9361430,0387 | 14,38      |
| P10       | 658257,0874   | 9361430,4553 | 14,42      |
| P11       | 658254,9512   | 9361430,5414 | 14,40      |
| P12       | 658248,0415   | 9361431,1909 | 14,40      |
| P13       | 658255,2602   | 9361437,0848 | 14,45      |
| P14       | 658257,4292   | 9361436,9042 | 14,47      |
| P15       | 658265,4463   | 9361460,3369 | 14,34      |
| P16       | 658258,4441   | 9361460,8328 | 14,30      |
| P17       | 658256,3125   | 9361461,0659 | 14,33      |
| P18       | 658249,3138   | 9361461,2414 | 14,32      |
| P19       | 658250,5558   | 9361488,1775 | 13,56      |
| P20       | 658249,5937   | 9361492,0069 | 13,41      |
| P21       | 658250,4129   | 9361504,4396 | 13,00      |
| P22       | 658254,1869   | 9361504,2826 | 13,04      |
| P23       | 658254,0152   | 9361497,7080 | 13,23      |
| P24       | 658257,4184   | 9361494,4184 | 13,27      |
| P25       | 658260,2638   | 9361494,2796 | 13,23      |
| P26       | 658263,9267   | 9361497,1011 | 13,18      |
| P27       | 658264,4335   | 9361503,9231 | 12,98      |
| P28       | 658268,3937   | 9361503,8373 | 13,02      |
| P29       | 658267,5930   | 9361491,0389 | 13,43      |
| P30       | 658266,7380   | 9361488,8888 | 13,53      |
| P31       | 658259,4777   | 9361486,7383 | 13,57      |
| P32       | 658257,8614   | 9361486,9201 | 13,56      |

*Fonte: Autoria própria (2019)*

Na Tabela 5 são apresentadas as coordenadas (UTM) e as distâncias verticais obtidas com a utilização do GPS de aplicativo Mapit Spatial.

**Tabela 5.** Dados coletados pelo GPS Mapit Spatial

| DESCRIÇÃO | GPS Aplicativo |             |            |
|-----------|----------------|-------------|------------|
|           | Coord X (m)    | Coord Y (m) | Cota Z (m) |
| P1        | 658259,903     | 9361346,170 | 10,00      |
| P2        | 658252,184     | 9361347,080 | 9,80       |
| P3        | 658250,276     | 9361346,625 | 8,40       |
| P4        | 658243,752     | 9361345,842 | 7,60       |
| P5        | 658245,616     | 9361402,139 | 11,20      |
| P6        | 658251,829     | 9361401,786 | 12,40      |
| P7        | 658255,091     | 9361402,269 | 11,80      |
| P8        | 658261,272     | 9361401,056 | 11,50      |
| P9        | 658263,899     | 9361430,321 | 14,70      |
| P10       | 658256,513     | 9361429,510 | 13,90      |
| P11       | 658254,300     | 9361430,161 | 12,90      |
| P12       | 658247,902     | 9361430,422 | 13,20      |
| P13       | 658255,515     | 9361436,362 | 13,60      |
| P14       | 658255,483     | 9361435,809 | 14,10      |
| P15       | 658264,555     | 9361459,069 | 13,60      |
| P16       | 658258,311     | 9361459,515 | 12,90      |
| P17       | 658256,498     | 9361460,164 | 13,90      |
| P18       | 658248,870     | 9361460,828 | 12,90      |
| P19       | 658249,368     | 9361487,488 | 13,50      |
| P20       | 658248,793     | 9361491,452 | 13,40      |
| P21       | 658249,995     | 9361504,319 | 12,00      |
| P22       | 658253,658     | 9361505,108 | 11,60      |
| P23       | 658254,993     | 9361498,010 | 11,50      |
| P24       | 658257,597     | 9361493,549 | 13,10      |
| P25       | 658259,965     | 9361493,328 | 13,10      |
| P26       | 658263,050     | 9361496,699 | 14,00      |
| P27       | 658262,850     | 9361502,597 | 13,40      |
| P28       | 658267,892     | 9361501,479 | 14,00      |
| P29       | 658267,032     | 9361489,840 | 13,10      |
| P30       | 658266,625     | 9361486,953 | 13,80      |
| P31       | 658259,450     | 9361483,992 | 15,50      |
| P32       | 658257,946     | 9361485,624 | 13,90      |

*Fonte: Autoria própria (2019)*

Na Tabela 6 são mostradas as distâncias horizontais e verticais de cada ponto coletadas pelo GPS de navegação GARMIN.

**Tabela 6.** Dados coletados pelo GPS de navegação Garmin.

| DESCRIÇÃO  | GPS Navegação |             |            |
|------------|---------------|-------------|------------|
|            | Coord X (m)   | Coord Y (m) | Cota Z (m) |
| <b>P1</b>  | 658260,564    | 9361344,707 | 10,000     |
| <b>P2</b>  | 658253,485    | 9361348,263 | 12,000     |
| <b>P3</b>  | 658252,593    | 9361345,722 | 13,492     |
| <b>P4</b>  | 658243,957    | 9361346,849 | 13,021     |
| <b>P5</b>  | 658247,084    | 9361401,245 | 17,761     |
| <b>P6</b>  | 658252,184    | 9361403,333 | 17,683     |
| <b>P7</b>  | 658254,617    | 9361402,221 | 16,224     |
| <b>P8</b>  | 658261,590    | 9361400,545 | 14,363     |
| <b>P9</b>  | 658262,770    | 9361429,181 | 14,379     |
| <b>P10</b> | 658256,345    | 9361428,644 | 17,565     |
| <b>P11</b> | 658253,808    | 9361432,631 | 17,664     |
| <b>P12</b> | 658247,712    | 9361430,767 | 15,420     |
| <b>P13</b> | 658254,147    | 9361435,506 | 17,937     |
| <b>P14</b> | 658256,804    | 9361435,167 | 17,830     |
| <b>P15</b> | 658264,505    | 9361458,811 | 14,609     |
| <b>P16</b> | 658258,193    | 9361458,716 | 13,811     |
| <b>P17</b> | 658255,426    | 9361459,387 | 14,131     |
| <b>P18</b> | 658248,779    | 9361458,740 | 14,035     |
| <b>P19</b> | 658247,745    | 9361487,935 | 13,827     |
| <b>P20</b> | 658249,746    | 9361491,136 | 13,495     |
| <b>P21</b> | 658250,217    | 9361502,303 | 13,917     |
| <b>P22</b> | 658254,097    | 9361503,510 | 14,318     |
| <b>P23</b> | 658253,410    | 9361494,887 | 13,499     |
| <b>P24</b> | 658260,816    | 9361489,118 | 14,367     |
| <b>P25</b> | 658258,611    | 9361492,883 | 14,213     |
| <b>P26</b> | 658262,603    | 9361495,195 | 10,920     |
| <b>P27</b> | 658265,054    | 9361501,050 | 10,581     |
| <b>P28</b> | 658266,164    | 9361502,042 | 10,537     |
| <b>P29</b> | 658266,797    | 9361489,435 | 12,872     |
| <b>P30</b> | 658265,683    | 9361486,563 | 14,508     |
| <b>P31</b> | 658257,041    | 9361485,479 | 14,725     |
| <b>P32</b> | 658259,364    | 9361484,146 | 17,291     |

*Fonte: Autoria própria (2019)*

Mediante a observação dos resultados mostrados nas tabelas, é possível notar a discrepância entre os valores obtidos pela estação total e os aparelhos GPS de navegação e de aplicativo, tendo em vista que a maior variação ocorreu nas medidas referentes às cotas. Contudo, o GPS de aplicativo apresentou medições mais precisas e aproximadas dos números alcançados pela Estação Total, quando comparado ao GPS de navegação.

Para melhor verificação da disparidade ocorrida entre as medidas apresentadas por cada instrumento, foram encontrados os erros planimétricos e altimétricos através do cálculo da diferença entre os valores das coordenadas (X e Y) e a cota de cada ponto obtido pela estação total e as coordenadas e cotas do GPS de aplicativo e GPS de navegação, de forma a considerar a Estação Total o equipamento de maior precisão para comparação e análise dos erros.

Na Tabela 7 são apresentados os erros planimétricos das coordenadas X e Y de cada ponto obtido pelo GPS de aplicativo e GPS de navegação e, ainda, os respectivos erros médios.

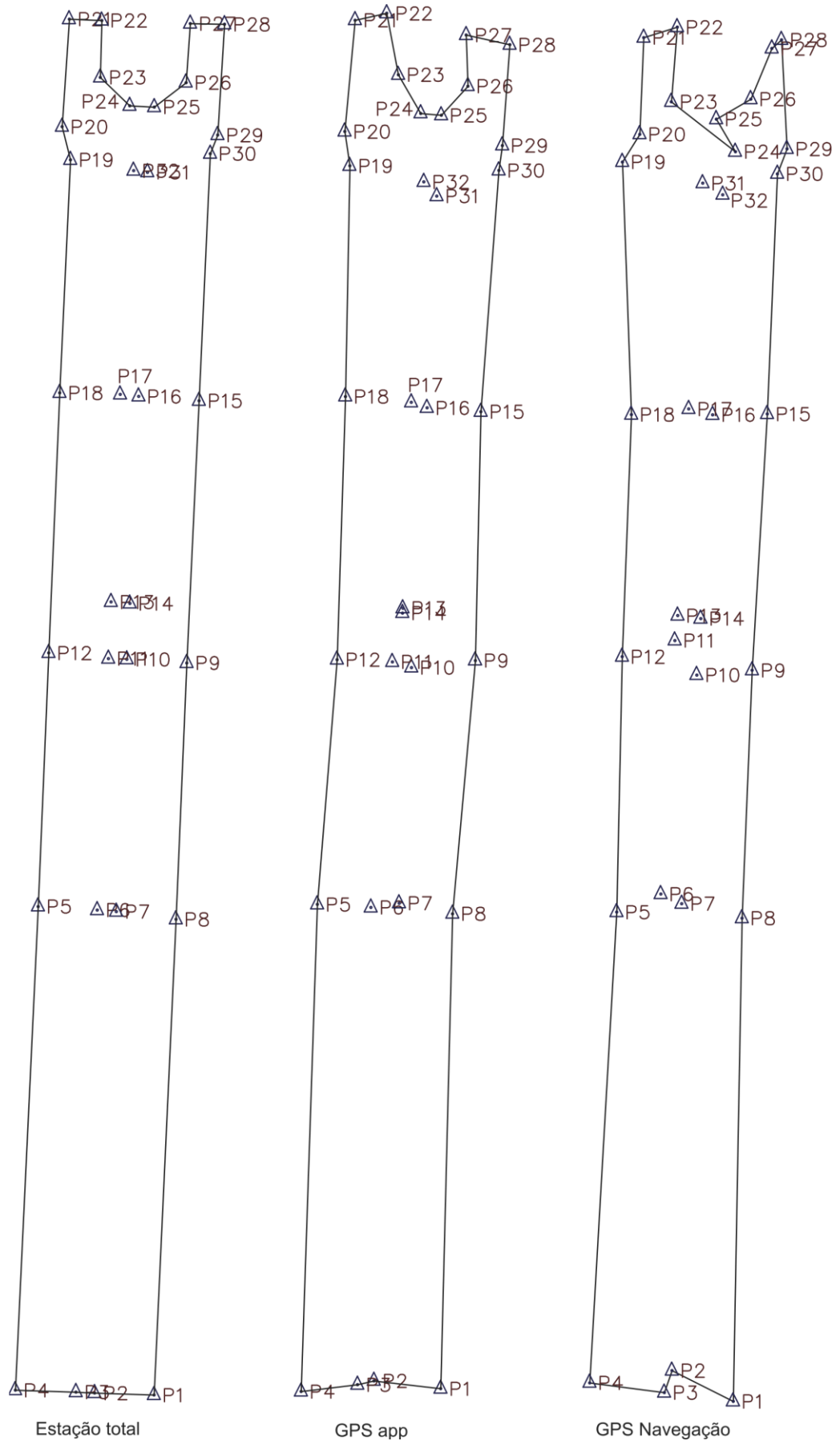
**Tabela 7.** Erro planialtimétrico.

| <b>ERRO PLANIMÉTRICO</b> |                   |                  |                      |                  |
|--------------------------|-------------------|------------------|----------------------|------------------|
| <b>DESCRIÇÃO</b>         | <b>GPS APP</b>    |                  | <b>GPS NAVEGAÇÃO</b> |                  |
|                          | <b>Erro X (m)</b> | <b>Erro Y(m)</b> | <b>Erro X(m)</b>     | <b>Erro Y(m)</b> |
| <b>P1</b>                | 0,33              | 0,73             | 0,33                 | 0,73             |
| <b>P2</b>                | 1,17              | 1,41             | 0,13                 | 2,59             |
| <b>P3</b>                | 0,92              | 0,84             | 1,40                 | 0,06             |
| <b>P4</b>                | 0,42              | 0,15             | 0,22                 | 0,86             |
| <b>P5</b>                | 1,20              | 0,24             | 0,27                 | 0,65             |
| <b>P6</b>                | 1,83              | 0,30             | 1,48                 | 1,85             |
| <b>P7</b>                | 0,78              | 0,97             | 1,25                 | 0,92             |
| <b>P8</b>                | 1,50              | 0,64             | 1,18                 | 0,13             |
| <b>P9</b>                | 0,13              | 0,28             | 1,26                 | 0,86             |
| <b>P10</b>               | 0,57              | 0,95             | 0,74                 | 1,81             |
| <b>P11</b>               | 0,65              | 0,38             | 1,14                 | 2,09             |
| <b>P12</b>               | 0,14              | 0,77             | 0,33                 | 0,42             |
| <b>P13</b>               | 0,25              | 0,72             | 1,11                 | 1,58             |
| <b>P14</b>               | 1,95              | 1,10             | 0,63                 | 1,74             |
| <b>P15</b>               | 0,89              | 1,27             | 0,94                 | 1,53             |
| <b>P16</b>               | 0,13              | 1,32             | 0,25                 | 2,12             |
| <b>P17</b>               | 0,19              | 0,90             | 0,89                 | 1,68             |
| <b>P18</b>               | 0,44              | 0,41             | 0,53                 | 2,50             |
| <b>P19</b>               | 1,19              | 0,69             | 2,81                 | 0,24             |
| <b>P20</b>               | 0,80              | 0,55             | 0,15                 | 0,87             |
| <b>P21</b>               | 0,42              | 0,12             | 0,20                 | 2,14             |
| <b>P22</b>               | 0,53              | 0,83             | 0,09                 | 0,77             |
| <b>P23</b>               | 0,98              | 0,30             | 0,61                 | 2,82             |
| <b>P24</b>               | 0,18              | 0,87             | 3,40                 | 5,30             |
| <b>P25</b>               | 0,30              | 0,95             | 1,65                 | 1,40             |
| <b>P26</b>               | 0,88              | 0,40             | 1,32                 | 1,91             |
| <b>P27</b>               | 1,58              | 1,33             | 0,62                 | 2,87             |
| <b>P28</b>               | 0,50              | 2,36             | 2,23                 | 1,80             |
| <b>P29</b>               | 0,56              | 1,20             | 0,80                 | 1,60             |
| <b>P30</b>               | 0,11              | 1,94             | 1,06                 | 2,33             |
| <b>P31</b>               | 0,03              | 2,75             | 2,44                 | 1,26             |
| <b>P32</b>               | 0,08              | 1,30             | 1,50                 | 2,77             |
| <b>MÉDIA</b>             | <b>0,68</b>       | <b>0,91</b>      | <b>1,03</b>          | <b>1,63</b>      |

*Fonte: Autoria própria (2019)*

Na Figura 21 estão representadas as posições relativas dos pontos levantados através da utilização da Estação Total, GPS de navegação e GPS de aplicativo, respectivamente.

**Figura 21.** Representação dos pontos obtidos pela Estação Total, GPS de aplicativo e GPS de navegação.



Fonte: Autoria própria (2019)

Ao realizar a análise da Figura 21, percebe-se que a Estação Total forneceu melhor precisão em relação à disposição dos pontos capturados, bem como, melhor representação da área estudada. Comparado a Estação Total, o GPS de aplicativo apresentou um perfil semelhante, estando os pontos distribuídos em posições bastante próximas. Quanto ao GPS de navegação, é visível maior discrepância em termos do posicionamento dos pontos. A maior variação aconteceu nos pontos P24 e P25 obtidos por ambos os equipamentos que, por sua vez, se mostraram em posições diferenciadas.

Com base nos perfis dos terrenos gerados pela ligação dos pontos auferidos, organizou-se em tabela os valores de áreas e perímetros correspondentes a cada um dos três equipamentos utilizados, conforme mostrado na Tabela 8.

**Tabela 8.** Áreas e perímetros.

| <b>Equipamento</b>       | <b>Área<br/>(m<sup>2</sup>)</b> | <b>Perímetro<br/>(m)</b> | <b>Percentual<br/>(%)</b> | <b>Variação<br/>de área (%)</b> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| <b>Estação Total</b>     | 2484,440                        | 366,900                  | 100,000                   | -                               |
| <b>GPS de aplicativo</b> | 2484,480                        | 364,600                  | 100,002                   | 0,002                           |
| <b>GPS de navegação</b>  | 2377,610                        | 369,500                  | 95,700                    | 4,302                           |

*Fonte: Autoria própria (2019)*

De acordo com as informações tabeladas, percebe-se que comparado a Estação Total, o GPS de aplicativo mostrou valores de área e perímetro bastante aproximados, havendo, portanto, uma variação de área relativamente baixa, correspondendo a 0,002 %. No que se refere aos valores de área obtidos pelo GPS de navegação, a variação foi de 4,302 %.

A partir dos erros planimétricos foram calculados, também, os erros lineares expressados pelos dois dispositivos GPS, confirmando ao GPS de navegação maior limitação acerca da precisão dos dados levantados e, conseqüentemente, conferindo a este recurso tecnológico menor viabilidade de uso para fins de obtenção de medidas planimétricas. O erro linear de todos os pontos é mostrado na Tabela 9.

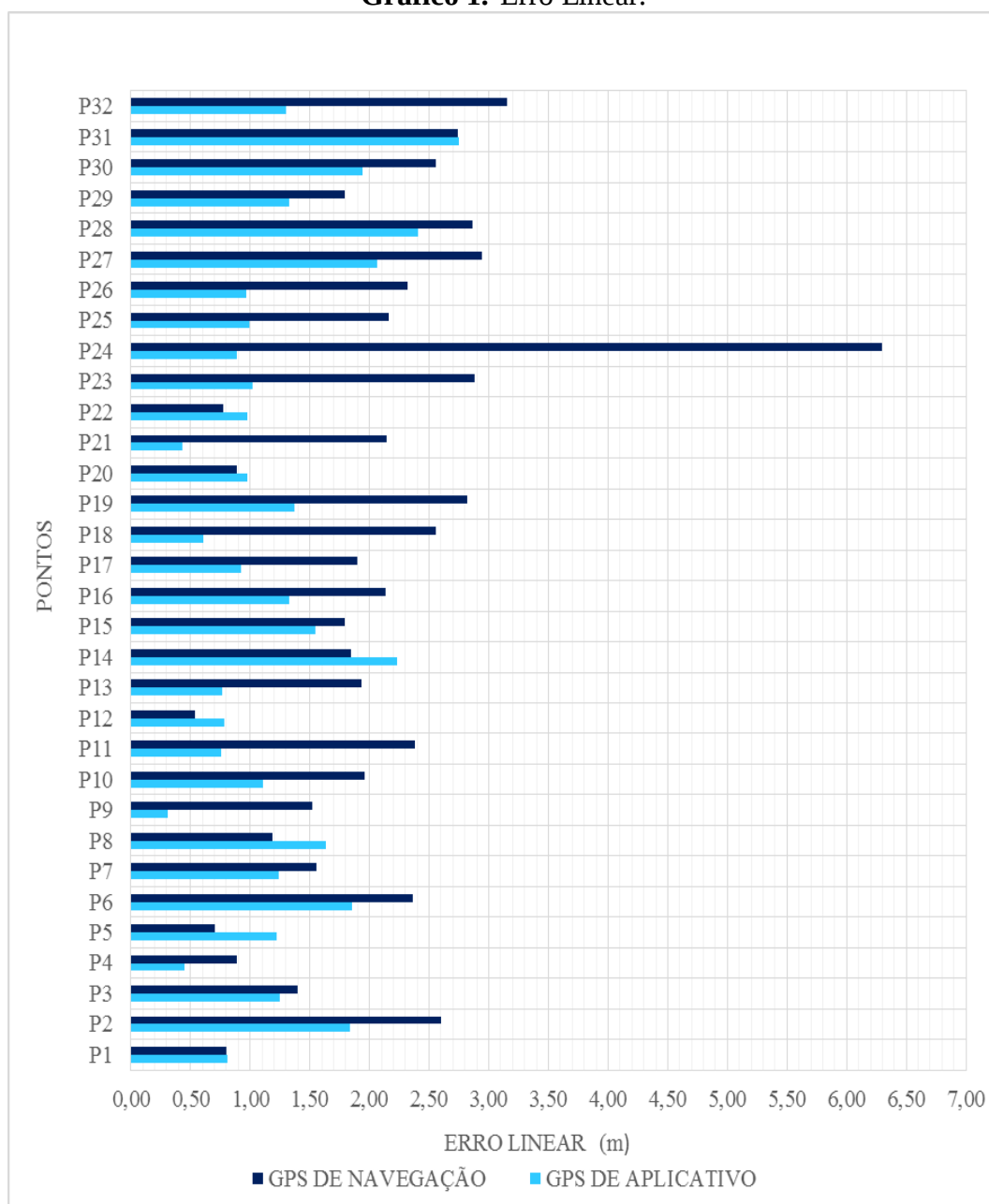
**Tabela 9.** Erro Linear.

| <b>ERRO LINEAR (m)</b> |                |                      |
|------------------------|----------------|----------------------|
| <b>DESCRIÇÃO</b>       | <b>GPS APP</b> | <b>GPS NAVEGAÇÃO</b> |
| <b>P1</b>              | 0,80           | 0,80                 |
| <b>P2</b>              | 1,83           | 2,60                 |
| <b>P3</b>              | 1,25           | 1,40                 |
| <b>P4</b>              | 0,45           | 0,88                 |
| <b>P5</b>              | 1,22           | 0,71                 |
| <b>P6</b>              | 1,86           | 2,37                 |
| <b>P7</b>              | 1,24           | 1,55                 |
| <b>P8</b>              | 1,63           | 1,19                 |
| <b>P9</b>              | 0,31           | 1,52                 |
| <b>P10</b>             | 1,11           | 1,96                 |
| <b>P11</b>             | 0,75           | 2,38                 |
| <b>P12</b>             | 0,78           | 0,54                 |
| <b>P13</b>             | 0,77           | 1,93                 |
| <b>P14</b>             | 2,23           | 1,85                 |
| <b>P15</b>             | 1,55           | 1,79                 |
| <b>P16</b>             | 1,32           | 2,13                 |
| <b>P17</b>             | 0,92           | 1,90                 |
| <b>P18</b>             | 0,61           | 2,56                 |
| <b>P19</b>             | 1,37           | 2,82                 |
| <b>P20</b>             | 0,97           | 0,88                 |
| <b>P21</b>             | 0,43           | 2,15                 |
| <b>P22</b>             | 0,98           | 0,78                 |
| <b>P23</b>             | 1,02           | 2,89                 |
| <b>P24</b>             | 0,89           | 6,30                 |
| <b>P25</b>             | 1,00           | 2,16                 |
| <b>P26</b>             | 0,96           | 2,32                 |
| <b>P27</b>             | 2,07           | 2,94                 |
| <b>P28</b>             | 2,41           | 2,86                 |
| <b>P29</b>             | 1,32           | 1,79                 |
| <b>P30</b>             | 1,94           | 2,55                 |
| <b>P31</b>             | 2,75           | 2,74                 |
| <b>P32</b>             | 1,30           | 3,15                 |
| <b>MÉDIA</b>           | <b>1,13</b>    | <b>1,93</b>          |

*Fonte: Autoria própria (2019)*

Percebe-se que o GPS de aplicativo apresentou menor erro linear médio comparado ao GPS de navegação, conferindo a este instrumento melhor desempenho no processo de obtenção de medidas. O erro linear médio do GPS de aplicativo foi de 1,13 m, enquanto o GPS de navegação apresentou erro linear médio de 1,93 m.

No Gráfico 1 estão dispostos o erro linear correspondente a todos os pontos.

**Gráfico 1. Erro Linear.**

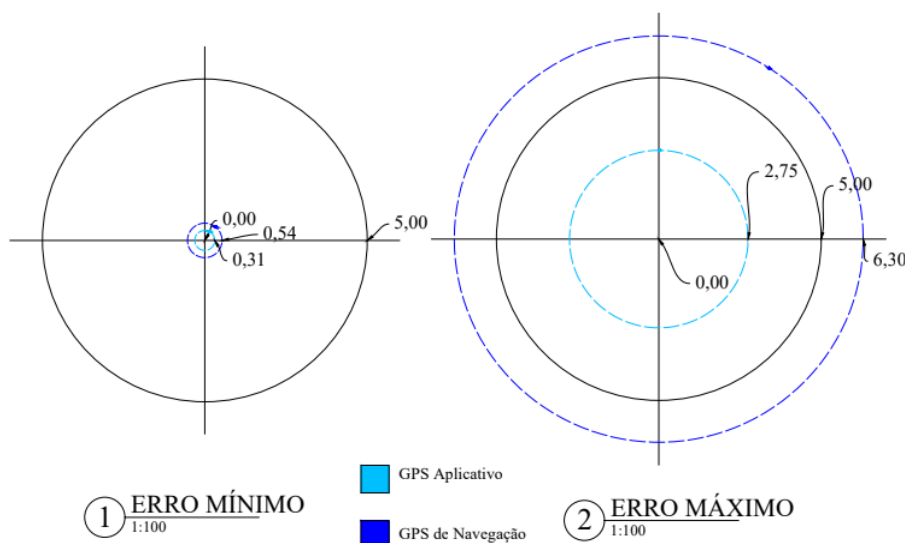
*Fonte: Autoria própria (2019)*

A partir da observação dos erros lineares destacados no Gráfico 1, torna-se possível evidenciar que o GPS de navegação manifestou maior erro em quase todos os pontos, ressaltando o ponto P24 que apresentou maior discrepância no erro alcançado em relação ao GPS de aplicativo (6,3 m e 0,89 m respectivamente). Essa diferença expressiva é explicada pela presença de corpos materiais no terreno, tais como árvores e postes de iluminação.

De acordo com os estudos de Melo et. al. (2011), para realização de atividades topográficas referentes à planimetria em terrenos de áreas pequenas, o uso do GPS de navegação não é recomendado. Entretanto, este pode ser aplicado para determinação de áreas e perímetros. Para trabalhos relacionados à altimetria, a utilização do GPS de navegação não é indicada.

Com os valores dispostos em tabela, aproveitou-se também para representar em gráficos os erros lineares mínimos e máximos referentes aos dois aparelhos GPS. No Gráfico 2 é mostrado a diferença destes erros, facilmente notados através da desconformidade existente entre os raios das circunferências.

**Gráfico 2.** Erros mínimos e máximos.



*Fonte: Autoria própria (2019)*

Conforme a observação dos gráficos nota-se que o GPS de navegação aponta erro máximo de 6,3 m que, por sua vez, encontra-se superior ao erro consentido por este tipo de receptor. Contudo, o erro do aplicativo de celular mostrou-se, também, consideravelmente alto. Esses números elevados podem ser justificados em razão da presença de elementos existentes nas proximidades do local de alcance das informações, como alinhamentos de muros e árvores.

Por meio dessa representação é possível certificar-se do desempenho de ambos os aparelhos, uma vez que, o GPS de aplicativo equiparado ao GPS de navegação mostra-se mais aceitável para realização de levantamentos e obtenção de dados, de forma a alcançar medidas com maiores exatidões.

De acordo com Rodrigues (2016), existe uma variação no que diz respeito à acuracidade de dados auferidos com receptores GPS, de modo que a eficiência das informações obtidas está associada à constelação de satélites visados durante o processo de levantamento desses dados. Desta forma, é destacada a importância da configuração do dispositivo antes da realização de medições.

Na Tabela 10 são exibidos os erros altimétricos das cotas de cada ponto obtido pelo GPS de aplicativo e GPS de navegação com seus respectivos erros médios.

**Tabela 10.** Erro altimétrico.

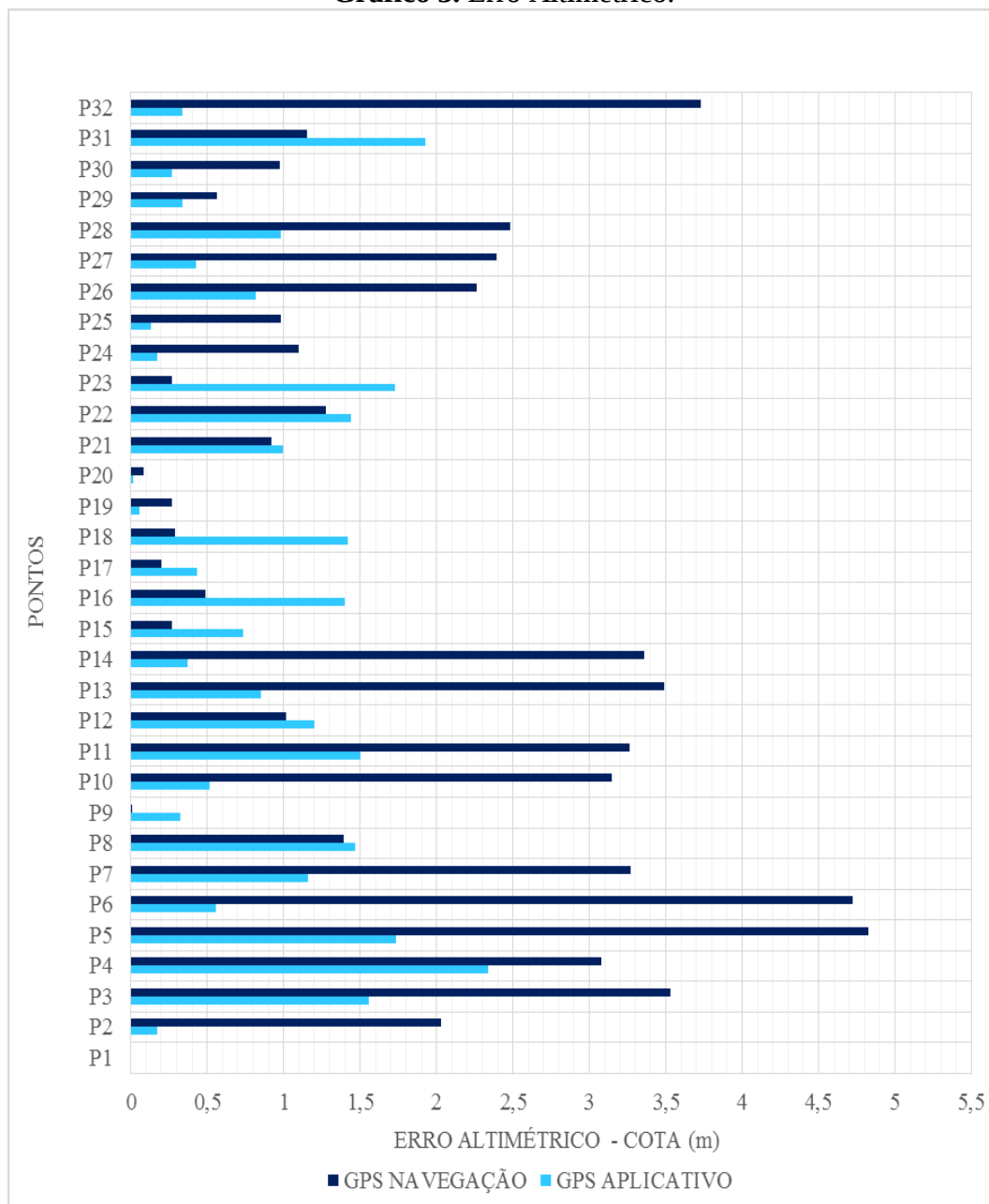
| <b>ERRO ALTIMÉTRICO (m)</b> |                |                      |
|-----------------------------|----------------|----------------------|
| <b>DESCRIÇÃO</b>            | <b>GPS APP</b> | <b>GPS NAVEGAÇÃO</b> |
| <b>P1</b>                   | 0,000          | 0,000                |
| <b>P2</b>                   | 0,172          | 2,028                |
| <b>P3</b>                   | 1,559          | 3,533                |
| <b>P4</b>                   | 2,341          | 3,080                |
| <b>P5</b>                   | 1,736          | 4,825                |
| <b>P6</b>                   | 0,558          | 4,725                |
| <b>P7</b>                   | 1,157          | 3,267                |
| <b>P8</b>                   | 1,470          | 1,393                |
| <b>P9</b>                   | 0,324          | 0,003                |
| <b>P10</b>                  | 0,516          | 3,149                |
| <b>P11</b>                  | 1,503          | 3,261                |
| <b>P12</b>                  | 1,203          | 1,017                |
| <b>P13</b>                  | 0,849          | 3,488                |
| <b>P14</b>                  | 0,370          | 3,360                |
| <b>P15</b>                  | 0,737          | 0,272                |
| <b>P16</b>                  | 1,401          | 0,490                |
| <b>P17</b>                  | 0,434          | 0,203                |
| <b>P18</b>                  | 1,421          | 0,286                |
| <b>P19</b>                  | 0,058          | 0,269                |
| <b>P20</b>                  | 0,012          | 0,083                |
| <b>P21</b>                  | 0,998          | 0,919                |
| <b>P22</b>                  | 1,442          | 1,276                |
| <b>P23</b>                  | 1,727          | 0,272                |
| <b>P24</b>                  | 0,171          | 1,096                |
| <b>P25</b>                  | 0,134          | 0,979                |
| <b>P26</b>                  | 0,817          | 2,263                |
| <b>P27</b>                  | 0,425          | 2,394                |
| <b>P28</b>                  | 0,984          | 2,479                |
| <b>P29</b>                  | 0,334          | 0,562                |
| <b>P30</b>                  | 0,269          | 0,977                |
| <b>P31</b>                  | 1,929          | 1,154                |
| <b>P32</b>                  | 0,336          | 3,727                |
| <b>MÉDIA</b>                | <b>0,856</b>   | <b>1,776</b>         |

*Fonte: Autoria própria (2019)*

O erro altimétrico médio do GPS de aplicativo e do GPS de navegação foi de 0,856 m e 1,776 m, respectivamente. Novamente conferindo ao aplicativo de celular melhor precisão nos dados alcançados.

Para demonstração dos resultados organizados nas tabelas e melhor comparação dos erros ocorridos, plotou-se o gráfico referente ao erro altimétrico de todos os pontos obtidos pelo GPS de navegação e GPS de aplicativo.

No gráfico 3 são apresentados os erro altimétrico de cada um dos pontos.

**Gráfico 3. Erro Altimétrico.**

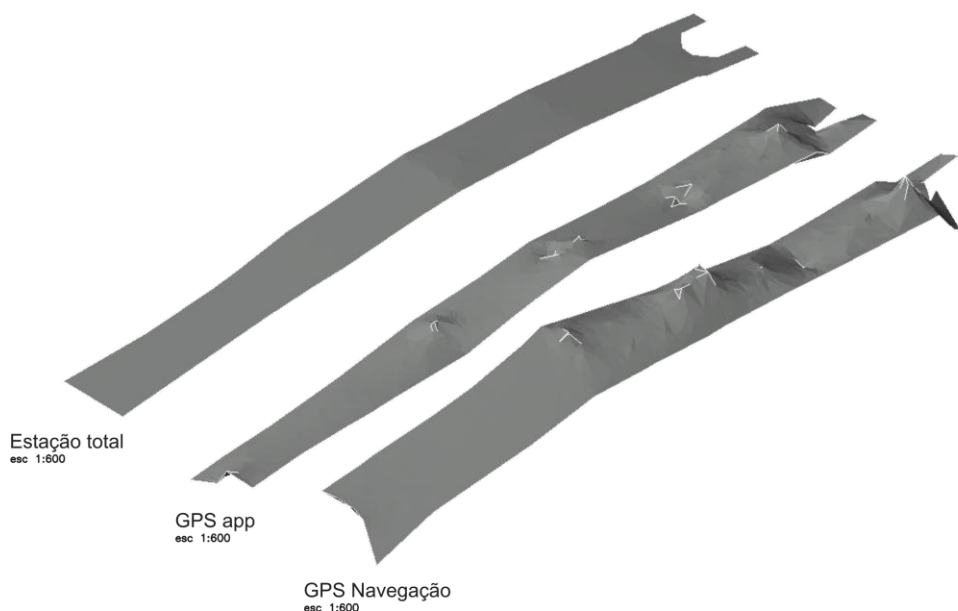
*Fonte: Autoria própria (2019)*

Com base na análise do Gráfico 3, pode-se perceber que o GPS de navegação demonstrou erros de cota bastante significativos comparado ao GPS de aplicativo, chegando a apresentar erros de até quase 5 metros. Permitiu-se ainda verificar que os valores de erros de GPS de navegação e de aplicativo no ponto P8 foram de 1,393 m e 1,470, respectivamente. Já no ponto P21, os valores encontrados foram de 0,919 m e 0,998 m. Dessa forma, percebeu-se que a variação nesses pontos mostraram-se relativamente próximos, visto que a variação foi

bem menor do que a apresenta pelos demais pontos. O ponto P6 mostrou maior discrepância entre os erros de cada receptor (4,725 m para GPS nav. e 0,558 m para GPS App). No ponto P20 o erro altimétrico do GPS de aplicativo foi bastante pequeno (0,012 m), chegando a ser praticamente nulo.

Na Figura 22 são representadas as superfícies tridimensionais obtidas através do levantamento planialtimétrico com o uso da Estação Total e ambos os receptores GPS.

**Figura 22.** Representação das superfícies tridimensionais.

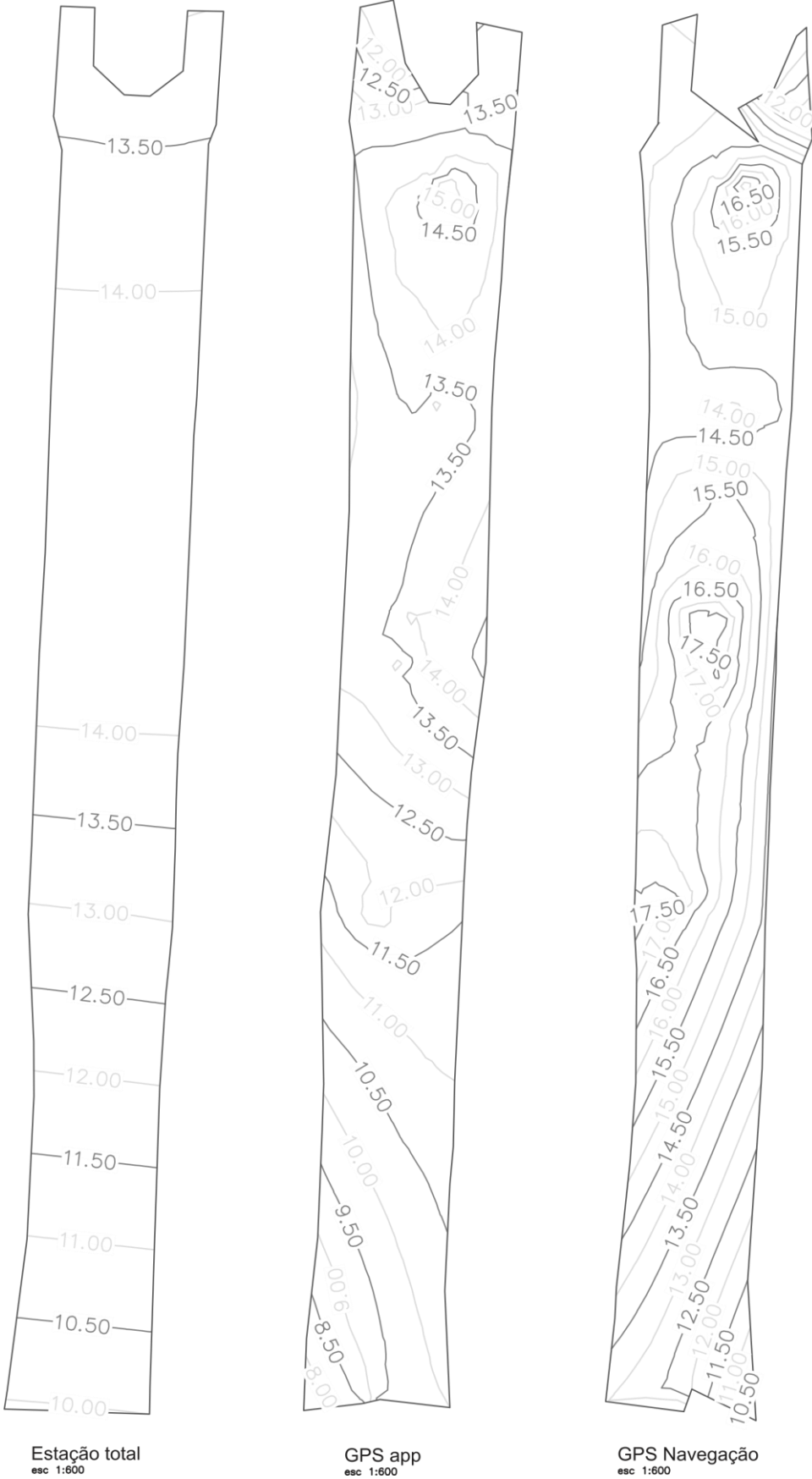


*Fonte: Autoria própria (2019)*

De acordo com a análise das superfícies representadas na Figura 22, é possível uma melhor visibilidade a respeito da área gerada por cada um dos instrumentos e verificar a presença de variações no relevo. Percebe-se, também, que dos aparelhos empregados no levantamento, a estação total, por disponibilizar de maior precisão, descreveu fielmente o perfil do terreno. Quanto aos receptores GPS utilizados, o aplicativo de celular apresentou maior semelhança em relação a superfície obtida através da Estação Total, enquanto que o GPS de navegação mostrou uma discrepância relevante no que se refere a altitude e contorno do terreno.

Para maior representação da configuração do terreno quanto ao seu perímetro e declividade, foram geradas as curvas de níveis a partir dos dados levantados pelos três instrumentos, conforme é mostrado na Figura 23.

Figura 23. Curvas de níveis.

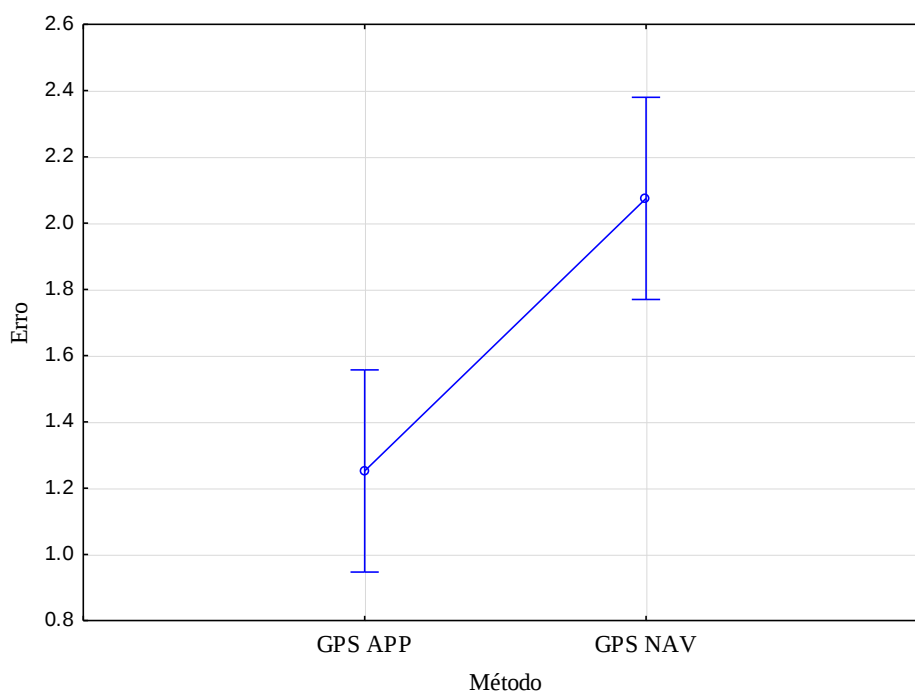


Fonte: Autoria própria (2019)

Mediante a observação da Figura 23, pode-se notar a variação na altimetria dos equipamentos. Como visto, as curvas de níveis geradas pelos receptores GPS mostraram-se bastante desiguais em relação as curvas de níveis obtidas com o uso da Estação Total. Verifica-se ainda que o GPS de aplicativo apresentou maior desempenho e mostrou-se mais preciso quando comparado ao GPS de navegação, visto que as curvas de nível se aproximam mais do esperado.

Uma maior comprovação a respeito do desempenho de cada equipamento topográfico empregado no levantamento planialtimétricos pôde ser feita com base na aplicação da ANOVA (análise de variância), tendo como objetivo realizar o teste estatístico para verificar se existia diferença na atuação destes instrumentos. No Gráfico 4 estão representados os erros do GPS de aplicativo e navegação com base na análise de variância.

**Gráfico 4.** Análise de variância.



*Fonte: Autoria própria (2019)*

No gráfico de análise de variância, as barras verticais sinalizam os intervalos mínimos e máximos com nível de significância de 5%. A hipótese nula ( $H_0$ ) corresponde ao fato de não existir diferença no desempenho dos instrumentos topográficos utilizados no levantamento planialtimétrico. Para tanto, há equivalência estatística entre a mesma curva quando o limite superior ou inferior de um dado cruza horizontalmente com o dado anterior ou posterior dessa curva, confirmando a hipótese  $H_0$ . Contudo, verifica-se que não ocorreu o cruzamento

horizontal dos limites superiores e inferiores dos dados, de modo a comprovar que estatisticamente existe diferença no desempenho de ambos os GPS's.

Com base na análise dos dados expostos nas tabelas e gráficos é permitido conferir ao aplicativo de celular Mapit GIS - Spatial melhor performance e precisão nas informações levantadas, em virtude dos erros quantificados se mostrarem bem menores quando relacionado aos valores dos erros expressados pelo receptor de navegação.

Ocalan, Erdogan e Tunaliloglu (2013) comentam que o emprego dos receptores GPS de navegação nos levantamentos topográficos torna-se inadequado pelo motivo de apresentarem erros na exatidão dos pontos trabalhados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da metodologia adotada permitiu-se realizar a análise comparativa dos dados planialtimétricos processados em diferentes *softwares*, obtidos através dos instrumentos topográficos empregados, atendendo, desta forma, aos objetivos deste estudo.

Embora se tratando de um instrumento que dispõe de trabalho reduzido e de praticidade no processo de obtenção de informações, em termos dos dados planialtimétricos levantados, os receptores GPS de aplicativo e navegação, comparados a Estação Total, apresentaram erros lineares correspondentes a 1,13 m e 1,93 m, respectivamente.

No que se refere à precisão planimétrica auferida pelos equipamentos, relacionado à Estação Total, o GPS de aplicativo mostrou melhor precisão para realização de levantamentos topográficos, obtendo maior exatidão nas medidas planimétricas. O GPS de navegação, por sua vez, disponibilizou-se de menor precisão quando comparado aos demais instrumentos de levantamento empregados. Estes receptores apresentam restrições no que diz respeito à recepção de sinais, condições que podem comprometer a acurácia dos dados auferidos.

Quanto às superfícies tridimensionais geradas por meio dos dados processados em *softwares*, percebe-se uma variação entre as dimensões e relevos obtidos pelos aparelhos GPS e Estação Total. O perfil gerado pelos dados da Estação Total responde fielmente as características reais do terreno, enquanto que a representação gráfica obtida pelos dados dos receptores GPS mostrou algumas dessemelhanças. Dessa forma, é possível certificar-se que estes recursos, a depender da precisão exigida pelo levantamento, não apresentam desempenho consideráveis.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, D. B. M. **Posicionamento GPS utilizando conceito de estação virtual**. 2008. 164f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- ANTUNES, C. **Levantamentos topográficos**: Apontamentos de topografia. Engenharia Geográfica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. Lisboa, 1995, 130p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35p.
- BARBOSA, Eduardo de Magalhães et al. **Integridade no posicionamento RTK e RTK em rede**. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bcg/v16n4/a07v16n4.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2019.
- BORGES, Alberto de Campos. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. 3. ed. [S.I]: Edgard Blucher, 2013.
- BORGES, Gustavo Marques. **Introdução ao sistema de posicionamento global**. Disponível em: <<http://www.topografia.ufsc.br/Apostila-GPS.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2019.
- COELHO JÚNIOR, José Machado; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Júlio da Silva C.o.. **Topografia geral**. Recife: Edufrpe, 2014.
- COELHO, Antônio Carlos Silveira. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras**. 2003. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- COMASTRI, J. A.; TULER, J. C. **Topografia**: altimetria. 3. ed. Viçosa, UFV, 2005. 200p.
- DAI, L.; WANG, J.; RIZOS, C.; HAN, S. **Predicting atmospheric biases for realtime ambiguity resolution in GPS/GLONASS reference station networks**. Journal of Geodesy, Berlin v. 76 nº11/12, p.617-628, 2003.
- FELIPE, Alexandre Luís da Silva. **Topografia convencional na aferição de área obtidas por georreferenciamento e google earth**. 2015. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.
- FRIEDMANN, R. M. P. VEIGA. L. A **Levantamentos topográficos cinemáticos com estação total robotizada visando o posicionamento de veículo terrestre não tripulado**. K. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010. p. 001 de 004.
- GHIORZI, Wilmar Alves. **Proposta para informatização de serviços topográficos a partir de dados de campo coletados com teodolitos mecânicos**. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GIACOMIN, Regiane F.. **Apostila de Topografia**. 2009. Disponível em: <[https://notedi1.files.wordpress.com/2010/02/apostila\\_topografia.pdf](https://notedi1.files.wordpress.com/2010/02/apostila_topografia.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2019.

GONÇALVES, Diogo Aristóteles Rodrigues. **Utilização de aplicativos móveis no ensino da Topografia**. 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Rafaela/Downloads/503-1932-1-PB.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2019.

MCCOMARC, Jack; SARASUA, Wayne; DAVIS, William. **Topografia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2017.

MELO, Adailson Sousa et al. O uso do GPS de navegação em pequena áreas agrícolas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 4, p.137-141, out. 2011.

OCALAN T.; ERDOGAN B.; TUNALIOGLU N. (2013). **Analysis of web-based online services for GPS relative and precise point positioning techniques**. Boletim de Ciências Geodésicas 19(2):191-207

ORTH, Dora Maria et al. **GPS – Global Positioning System – Ferramenta utilizada para mapear unidades de conservação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2004, Florianópolis. UFSC. Florianópolis: Cobrac, 2004, p. 1 - 15.

PINTO, José Roberto Marques. **Potencialidade do uso do GPS em obras de engenharia**. 2000. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Cartográficas, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2000.

RODRIGUES, Ramon Juliano. **Precisão de planta planialtimétrica gerada por modelagem numérica de superfície a partir de coordenadas UTM plano retangulares coletadas em receptor GPS topográfico**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

SANTOS, Alexandre Rosa dos; SILVA, Rosane Gomes da; SOUZA, Kaíse Barbosa de. **FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE GEOTECNOLOGIAS**. 2016. Disponível em: <[http://www.mundogeomatica.com.br/GeomaticaII/Modulo\\_Elementos\\_Cartografia/Apostila\\_Modulo\\_01\\_Capitulo\\_02.pdf](http://www.mundogeomatica.com.br/GeomaticaII/Modulo_Elementos_Cartografia/Apostila_Modulo_01_Capitulo_02.pdf)>. Acesso em: 11 fev. 2019.

TRAGUETA, Neiva Luciana. **Implicações do uso de receptores GPS de navegação sem conhecimento de suas limitações e configurações básicas**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos de topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, L. P. **Fundamentos de Topografia**. Paraná, 2007.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2012.

ZOCOLOTTI FILHO, Carlos Alberto. **Utilização de técnicas de poligonação de precisão para o monitoramento de pontos localizados em galerias de inspeção**: estudo de caso da U. H. de Salto Caxias. 2005. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.