

# Avaliação da precisão dos equipamentos GNSS, verificando a discrepância das coordenadas, utilizando a carta controle

## RESUMO

Os receptores GNSS tem a função de obter coordenadas na superfície terrestre para numerosas finalidades, possuindo diversos tipos de equipamentos e softwares, sendo necessário verificar quais são mais precisos. Foi realizado na Fazenda Laboratório do Centro Universitário de Formiga (UNIFOR), um levantamento com os seguintes equipamentos GNSS, sendo eles, Garmin etrex 10, Trimble PROXR, Hi target V30, estático e RTK, Mavic PRO da marca Dji (VANT), e o software Google Earth PRO. O objetivo foi avaliar a precisão de cada equipamento, analisando se há diferença significativa, a fim de eleger o que obte-se resultados mais precisos e satisfatório. Foi utilizado o teste T para verificar se houve diferença mínima significativa, e através da Carta Controle foi avaliada qual equipamento possui maior variabilidade. O Garmin e as coordenadas coletadas utilizando o software Google Earth PRO possuíram as maiores variabilidades, no qual, diferiram dos demais na altitude, apresentando baixa precisão. O V30 RTK possuiu maior linearidade dos dados, sendo considerado o mais preciso. O V30 no modo estático apresentou média a baixa variabilidade. O PROXR possuiu discrepância média sendo uma ferramenta de fácil manuseio. O Mavic PRO obteve uma média a baixa variabilidade sendo considerada uma boa ferramenta para a topografia e engenharia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Receptores GNSS, Geodésia, Precisão GNSS.

**Bruno de Moraes Cardoso**  
bruno@geolucas.com.br  
[orcid.org/0000-0002-0624-4650](https://orcid.org/0000-0002-0624-4650)  
Centro Universitário de Formiga  
(UNIFOR) Formiga, Minas Gerais, Brasil.

**Adriano Alves da Silva**  
adrianoas@msn.com  
[orcid.org/0000-0002-9863-839X](https://orcid.org/0000-0002-9863-839X)  
Centro Universitário de Formiga  
(UNIFOR) Formiga, Minas Gerais, Brasil.

**Aladir Horácio dos Santos**  
aladirhs@oi.com.br  
[orcid.org/0000-0001-8433-0055](https://orcid.org/0000-0001-8433-0055)  
Centro Universitário de Formiga  
(UNIFOR) Formiga, Minas Gerais, Brasil.

**Lucas Alves da Silva**  
lucas\_eagricola@yahoo.com.br  
[orcid.org/0000-0003-2093-0443](https://orcid.org/0000-0003-2093-0443)  
Universidade Federal de Lavras (UFLA),  
Lavras, Minas Gerais, Brasil.

**Paulo Ricardo Frade**  
paulorfrad@gmail.com  
[orcid.org/0000-0001-5643-1684](https://orcid.org/0000-0001-5643-1684)  
Centro Universitário de Formiga  
(UNIFOR) Formiga, Minas Gerais, Brasil.  
Universidade Federal de Lavras (UFLA)  
Lavras, Minas Gerais, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A medida que a tecnologia avança a necessidade por dados precisos e detalhados aumenta consideravelmente afim de obter formas de trabalho mais eficientes e menos onerosas. Isto acontece também no campo da topografia, onde por meio de sinais transmitidos por satélites, equipamentos GNSS (Global Navigation Satellite Systems) coletam dados e imagens referentes a superfície terrestre para mapeamento e controle de áreas.

O sistema GNSS busca soluções para uma exatidão de posicionamento global. Os componentes presentes dentro deste sistema são *Global Positioning System* (GPS), desenvolvido pelos Estados Unidos, *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* (GLONASS), desenvolvido pelo governo Russo; ambos os sistemas foram desenvolvidos para a obtenção da cobertura global de satélites. Outros sistemas como Compass/ BeiDou (chinês) e Galileu (europeu), foram criados para aprimorar serviços aos clientes do continente asiático e europeu, respectivamente. De acordo com Molin et al. (2015), o componente GPS possui 24 satélites em torno da Terra em uma altitude aproximadamente de 20.200 km, o GLONASS possui 8 satélites para cada um dos 3 níveis orbitais, obtendo 2 tipos de sinais, sendo eles *Standard Precision* (sinal de navegação de precisão padrão) e *High Precision* (sinal de navegação de alta precisão). Além desses sistemas, a União Europeia desenvolveu o sistema Galileu no continente europeu para controle civil e um posicionamento mais exato (MOLIN, et al., 2015). De acordo com Zhang et al. (2017), o desenvolvimento do Sistema de Navegação por Satélite BeiDou passou por três etapas, sendo a primeira etapa na instalação do demonstrativo, o segundo a instalação do sistema regional e o terceiro sendo de forma global. A instalação do sistema começou em 1994 e em operação em 2000 obtendo sucesso no lançamento de dois satélites experimentais. No final de 2012, chamado de BeiDou-2 obteve alcance dos dados por toda a região asiática. O final do lançamento foi feito ao final de 2020, totalizando em 35 satélites, de forma global para todos os usuários.

Khomsin et al. (2019) verificaram a precisão do equipamento geodésico da marca Hi target, V30, para saber se o componente BeiDou daria diferença significativa comparada ao GPS e GLONASS onde concluíram que os 3 componentes juntos deram os mesmos resultados comparado aos 2 sistemas, GPS e GLONASS, dentro das distâncias de coleta de 1 a 20 km, e precisões obtidas por ponto menores que 2 cm na horizontal e 2,5 cm na vertical.

Receptores GNSS captam as observações vindas dos satélites, descrições do ponto e coordenadas, e através desses dados, são destinados para diversos fins. Os equipamentos geodésicos (GNSS) são utilizados para a construção civil, urbanismo, engenharia rural, geologia e entre outros, uma vez que, existem diversos tipos de equipamentos no mercado. Para DalPorno et al. (2009), os profissionais encontram diferentes tipos de dados no qual muitas das vezes são ocasionados por diversos tipos de equipamentos presentes, apresentando diferentes valores de precisão e acurácia. O profissional deve saber a finalidade de cada trabalho exercido e da necessidade da precisão dos dados para utilizar o equipamento GNSS correto.

Dentro das coletas de pontos, há os métodos de posicionamento como o estático, descritos por Werlich et al. (2012), caracterizado pela obtenção das observações simultâneas dos sinais de satélites em duas ou mais estações de

captação de sinal distintas, sendo uma delas a estação base, tendo a coordenada do ponto conhecida. Este método é utilizado como método de coleta de dados precisos para pós-processamento de coordenadas. Outro método de posicionamento é a coleta de pontos em tempo real, também chamado de RTK, *Real Time Kinematic*, possuindo a função de coletar dados em tempo real através de radiofrequência, em duas bases, sendo a primeira base fixa no terreno calculando os erros que ocorrem na captação das observações dos satélites, e enviando simultaneamente para outra base, chamada de *rover*, que coleta o ponto com as devidas precisões, na escala de centímetros (CONSOLI; THUM, 2017).

Existe a possibilidade de coletar pontos utilizando equipamentos GNSS de navegação, uma vez que os dados adquiridos desses receptores não têm a possibilidade de gerar dados brutos, além de não possuir correção com uma base de referência. Segundo Franco (2009), esse tipo de equipamento possui uma precisão em torno de 2 metros, dependendo da quantidade de satélites recebidos pelo receptor, e fatores externos, como prédios, árvores e outros tipos de objetos que causam desvios de sinais chamado de multicaminhamento que acarretam em perdas de sinais de satélites perdendo precisão na hora da coleta dos pontos.

A fotogrametria é a ciência responsável pela técnica e estudo da extração de dados de imagens aéreas e atualmente vem ganhando espaço na topografia, com as vindas dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). Esses equipamentos, através da coleta de imagens e após o processamento da mesma, conseguem obter dados como perímetro, área, altitudes, curva de nível, ou seja, dados que são processados através dos pontos coletados em campo e que podem ser utilizados da mesma maneira que os equipamentos geodésicos convencionais, utilizando as imagens aéreas. O VANT possui a característica de captar esses dados em menor tempo de trabalho, com menor número de operadores, no entanto, por ser um equipamento utilizado há pouco tempo no meio civil, tem a necessidade de analisar a precisão de seus dados adquiridos em relação aos equipamentos geodésicos convencionais (JESUS; OLIVEIRA, 2018). Além do VANT, o Google Earth, ferramenta desenvolvidas pela Google Inc, tem a possibilidade de coletar coordenadas através do mosaico gerado pelo software e além das coordenadas é possível realizar cálculos de áreas, perímetros, coleta de altitude e entre outros (MENDONÇA; SANTOS, 2017).

Os receptores GNSS são classificados conforme o comprimento de ondas em que os satélites emitem os sinais, nos quais são os códigos C/A, L1 (mono frequência) e L2 (dupla frequência) (MENDONÇA; SANTOS, 2017). Molin et al. (2015) descrevem que a banda L1 modula o código *Clear Access (C/A)* e o *Precise (P)* enquanto que na banda L2 apenas o código P é modulado. O receptor de navegação apenas obtém as observações vindas da banda L1, obtendo uma característica de não possuir a correção diferencial vindas de uma base de referência, pelo fato de não apresentarem observáveis pseudodistâncias, também chamados de dados brutos (FRANCO, 2009).

De acordo com a *Trimble Navigation Limited Mapping (1998)*, o equipamento GNSS PRO XR obtém as observações vindas da banda L1, com uma precisão de 50 cm utilizando pós-processado (relativamente estático). O equipamento V30 possui bandas tanto L1 e L2, sistema GNSS RTK, conseguindo rastrear diversos tipos de satélites como GLONASS, GPS, Galileu, entre outros. O

V30 apresenta uma precisão de 2,5 mm na horizontal e 5 mm na vertical, no modo estático, processando os dados com a base de referência, e no sistema RTK obtém a precisão de 8 mm na horizontal para 15 mm na vertical (TECNOSAT, 2017).

O VANT podendo ser chamado popularmente de drone possui um receptor GNSS de navegação embarcado possuindo apenas a banda L1. O Mavic Pro capta coordenadas dos sistemas de posicionamento GPS e o GLONASS. A aeronave pesa 743 g, sua câmera embarcada é FC220 da Dji, distância focal de 16 mm e a resolução das imagens no tamanho de 12,1 Mp (4000 x 3000) (DJI, 2017).

O Google Earth capta imagens aéreas através dos satélites as quais são representadas pelo software e podem ser visualizadas em qualquer lugar da terra, possibilitando a obtenção de dados. As imagens são gratuitas e possuem uma alta resolução espacial, obtendo maiores qualidades de imagens em locais mais heterogêneos (HU et al., 2013).

O objetivo deste trabalho é analisar a precisão de diferentes tipos de equipamentos GNSS para as coordenadas leste, norte e a altitude dos pontos coletados, verificando se há diferença mínima significativa entre os tratamentos, qual tratamento se difere dos demais, e a relação de dispersão em relação média das coordenadas obtidas.

## MATERIAIS

Os equipamentos utilizados no experimento para a coleta dos dados foram:

- Receptor GNSS da marca Garmin - modelo etrex 10 (navegação)
- Receptor GNSS da marca Trimble - modelo PRO XR (geodésico)
- Receptor GNSS da marca Hi target - modelo V30 (geodésico, sistema RTK)
- Receptor GNSS da marca Hi target - modelo V30 (geodésico, sistema PPK)
- Software Google Earth PRO (software desenvolvida pela Google Inc.)
- VANT da marca Dji – modelo Mavic PRO (receptor GNSS de navegação embarcado na aeronave).

Para o processamento dos dados foram utilizados os softwares:

- Software Pathfinder Office
- Software HGO
- Software *Topcon Tools*, versão 7.1
- Software *GPS Utility*
- Aplicativo Drone Deploy
- Agisoft PhotoScan, versão trial.
- Autocad, versão 2014 estudantil.

Para o desenvolvimento das tabelas e confecção dos dados estáticos foram utilizados:

- MiniTab, versão 19 trial.
- Software SIRVAS

## MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Laboratório do Centro Universitário de Formiga (UNIFOR), localizado na cidade de Formiga-MG, para avaliar a precisão de diferentes tipos de equipamentos GNSS.

No total foram descritos 6 tratamentos, no qual, o tratamento pode ser descrito como um procedimento ou conjunto que o seu efeito deve ser comparado e avaliado com o outros. O equipamento GNSS V30 estático como testemunha pelo fato de apresentar precisões em milímetros e correção dos erros de satélites e ambientais no processamento posteriormente a coleta.

Anteriormente à realização do experimento, foi realizado um plano de voo para a captura de imagens aérea através do drone utilizando o aplicativo Drone Deploy, e a altura de voo foi 99 metros de altitude, obtendo um Groud Simple Distance (GSD) de 3,3 cm/ pixel, e a sobreposição longitudinal e lateral de 80% a 70%. No blog da Droneng, escola de levantamento e processamento de imagens aéreas, pode ser visualizada mais sobre o passo a passo de um levantamento com imagens aéreas (NETO, 2014).

A coleta dos pontos dos equipamentos V30 (estático e RTK), PRO XR e Garmin foi realizada dentro de uma área de 1500 m<sup>2</sup>, quadriculada em espaçamentos de 13m x 13m totalizando em 16 pontos. Foi instalada uma base de referência utilizando o V30 coletando dados em um intervalo de 5 segundos. Para a coleta dos pontos, foi determinada uma altura de coleta de pontos em uma altura de 2 metros para esses equipamentos, e o tempo de coleta para o V30 estático e o PRO XR de 1,5 minutos por ponto. Cada ponto foi coletado 3 vezes, obtendo 3 repetições por ponto. O RTK e o Garmin coletam pontos instantaneamente, ou seja, são pontos coletados imediatamente, sem a necessidade de esperar intervalo de tempo igual o PROXR e o V30 no modo estático, basta apenas que se obtenha precisão para que seja possível a coleta do mesmo. O Garmin não apresenta a opção de correção dos dados com uma base de referência, em que os dados coletados em campo podem ser apenas exportados para o computador.

O levantamento aéreo sobrevoou uma área de aproximadamente 14.000 m<sup>2</sup>, no qual foram coletados os pontos de apoio em torno do perímetro e no meio do local. Os pontos de apoio são pontos foto identificáveis na imagem, ou seja, com um equipamento GNSS de precisão o operador coleta o ponto em cima de um alvo representado ao solo e ao coletar as imagens, deve ser feito o apontamento dessas imagens em busca de uma precisão mais acurada, em torno de centímetros. Da Silva et al. (2014) descreve que os pontos de apoio têm a finalidade de obter melhores precisões, em que, são divididos em duas finalidades sendo eles os pontos de apoio (finalidade de obter precisões para as imagens) e os pontos de checagem ou verificação (analisar os dados gerados pelo processo de apontamento nas imagens).

Os pontos de apoio, durante o processamento dos pontos terão a função de arrastar as imagens obtidas do VANT para as coordenadas verdadeiras e os pontos de verificação tem a função de apenas de analisar, verificar a precisão que os pontos de apoio apresentaram, ou seja, pontos de verificação não movimenta ou arrasta as imagens durante o processamento. A finalidade da utilização dos pontos de apoio é devido à precisão apresentada no equipamento GNSS embargado na aeronave, navegação, que tem precisão em torno de 2 metros (FRANCO, 2009), sendo assim, para a finalidade desejada, deve ser necessária obter maiores precisões. O material utilizado foi papel E.V.A preto, pelo fato de ser um material resistente, no qual, pode ser molhado em caso de chuva, além da reutilização do mesmo. O alvo deve ser feito formando um quadrado para que seja fácil a identificação do alvo na hora do apontamento dos pontos de apoio no processamento das imagens. No total foram coletados 16 pontos de apoio.

Após a coleta dos pontos foram processados os dados utilizando os softwares *Pathinder Office* (PROXR). Esse software tem a finalidade de importar e corrigir os dados gerados pelo PROXR. Para o V30 foi utilizado o HGO, para a conversão dos dados formato GNS para RINEX (dados brutos), o formato RINEX é o formato do arquivo lido pelos satélites artificiais no qual é compatível para a importação dos dados no *Topcon tools*, ou seja, o HGO é utilizado apenas para a conversão do ponto coletado. O *Topcon Tools* foi utilizado na correção dos dados para o V30 no modo estático. Para a transferência dos dados do Garmin utilizou o software *GPS utility*, não possuindo a função de correção com a base de referência, possuindo apenas as coordenadas dos dados brutos.

Para o sistema RTK, utilizou-se a correção da base de referência instalada através do sistema de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), pelo fato de coletar dados de uma base com coordenada desconhecida, sendo necessário informar ao equipamento a coordenada do local.

Nesse sistema é requerido apenas um receptor, no qual a precisão é em torno de centímetros, variando pelo tempo de coleta que o equipamento irá captar os dados. Após a coleta, é realizado o processamento dos dados, em que, são enviados os dados RINEX de coleta para página eletrônica, como IBGE, JPL, UNB e outros órgãos que disponibilizam esse serviço, e os dados corrigidos são enviados de volta com as devidas observações. (MATSUOKA et al., 2009). De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), esse sistema possui a finalidade da obtenção de coordenadas precisas no *Datum SIRGAS 2000* (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), e que essa correção faz com que ocorra a correção vindas dos satélites como erro de orbita, relógio atômico dos satélites, ionosfera e entre outro.

Para obter as coordenadas do Google Earth, foram coletados os pontos utilizando o software e a mesma metodologia de coleta dos demais aparelhos, sendo exportado em formato TXT posteriormente.

No processamento das imagens aéreas foi utilizado o software *Agisoft PhotoScan*, versão trial, no qual, foi feito o seguinte procedimento: correção do brilho das imagens, avaliação da qualidade das imagens, primeiro alinhamento das imagens, apontamento dos pontos de apoio, segundo alinhamento das imagens, seleção gradual retirando *Tie point* em excesso, calibração da câmera, construção da nuvem de pontos, classificação da nuvem de pontos gerando dois produtos, sendo eles, o Modelo Digital de Superfície (MDS) e o Modelo Digital do

Terreno (MDT), construção do modelo 3D, construção do Modelo Digital de Elevação (DEM), geração das curvas de nível, utilizando o MDT, e a construção do ortofoto mosaico. O ortofoto mosaico é uma junção de todas as imagens coletadas e sobrepostas em uma escala unitária.

A calibração da câmera é de extrema importância pelo fato de interferir nas correções dos parâmetros interiores e exteriores da câmera, corrigindo distorções causadas durante a captura no levantamento aéreo. Segundo Campos et al. (2015), a calibração da câmera é indispensável na Fotogrametria, no qual, possibilita a correção dos erros sistemáticos causados na imagem, podendo afetar o processamento futuro, e dentre as correções são verificados os parâmetros como distância focal, afinidades, coordenadas do centro perspectivo (C.P), distorção radial simétrica e descentrada.

O MDT tem a característica de retirar os objetos acima do terreno, sendo uma das finalidades obterem as curvas de nível, sendo necessária a realização precisa da classificação das nuvens de pontos, separando os objetos do terreno.

Foram verificados, com auxílio de planilha eletrônica, os erros dos desvios padrões da amostra, para a verificação da acurácia do produto gerado pelas imagens aéreas, estando de acordo com as Especificações Técnicas dos Produtos dos Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG), publicada em 2016, de acordo com Plano de Exatidão Cartográfica para produtos (PEC-PCD), em que consisti em classificar cartas e assegurar a sua precisão objetivando assegurar a exatidão cartográfica do produto (TABELA 1).

Tabela 1-Exigencias da PEC-PCD

Carta	PEC Planimétrico	Erro padrão	PEC Altimétrico	Erro padrão
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância	1/3 equidistância
Classe B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância	2/5 equidistância
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância	1/2 equidistância

Fonte: Santos et al. (2010).

De acordo com Da Silva et al. (2015), há três maneiras para a aplicação da PEC, sendo eles, porcentagem do valor analisado, desvio padrão ou testes de hipóteses. Santos et al. (2010) descreve que a carta deve seguir as exigências da PEC, uma vez que pelo menos 90% dos pontos levantados deve ser superior ao exigido pela PEC, devendo ser aplicados para valores altimétricos para geração de curvas de níveis.

Após esse procedimento, foi realizado a coleta das coordenadas dos pontos coletados no software Autocad, versão estudantil 2014.

Para a verificação de presença diferença significativa entre os aparelhos, foi utilizado o software SIRVAS para o delineamento inteiramente atualizado, com 95% de confiabilidade, utilizando o teste de *Tukey* para a comparação de médias, significativo a 5%, dentro dos parâmetros de dispersão de coordenadas advindas dos receptores após as devidas correções geradas. Para a análise comparativa, foram escolhidos 2 pontos dos 16, sendo eles, os pontos números 1 e 10, no qual, foram escolhidos aleatoriamente. O software SIRVAS é gratuito de fácil



manuseio, escolhido para ser realizado nesse experimento por ter um alto valor de confiabilidade e muito utilizado para estudos e experimentos acadêmicos. O teste de *Tukey* possui a vantagem em obter valores exatos sendo utilizado de uma maneira simples podendo ser comparado por qualquer contraste entre dois valores (medidas) dos tratamentos.

Para analisar as coordenadas que foram obtidas em campo, foi designada a estática de Controle da Qualidade descrita por Ramos et al. (2013) em que o mesmo tem a finalidade de monitorar processos através de gráficos de dispersão, indicando se algo está fora de controle em relação a algum parâmetro, podendo ser a média, variância, desvio padrão ou outro fator. Para a realização dessa estatística, foram analisados os 16 pontos coletados.

Para a realização da estatística descritiva foi utilizado o software Minitab 19, versão trial, no qual, para análise de dispersão de coordenadas, foi utilizada a Carta Controle de Variáveis para a amostragem de desvio padrão e média dos valores fornecidos. A carta Controle tem o objetivo de monitorar processos contínuos, sabendo se apresenta uma alta ou baixa uniformidade, sendo demonstrado através de gráficos lineares.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a coleta e a realização da análise estatística dos pontos coletados, P1 e P10, nas coordenadas Leste, Norte e altitude, verificou-se que alguns equipamentos diferenciaram entre si, como o Garmin (TABELA 2). O drone foi classificado pela Classe A, obtendo valores de desvio padrão para coordenadas leste de 0,2474 e coordenadas Norte de 0,2486, para a altimetria, foi obtido valor do desvio padrão de 0,0930. Essa classe foi analisada na escala de 1/1000.

Tabela 2 – Fator de variação da estatística feita do ponto 1 para as coordenadas leste, norte e altitude, utilizando os testes T e *Tukey*

FV	GL	QM		
		Coordenadas leste (m)	Coordenadas norte (m)	Altitude(m)
Tratamento	5	24,39*	1,83	114,58*
Resíduo	12	5,07	0,81	5,42
Total corrigido	17	29,46	2,64	120,0

Fonte: Autoria própria (2019).

Para as coordenadas Norte, no ponto 1, não apresentou diferença mínima significativa (TABELA 3).



Tabela 3 – Média para o ponto 1 para as coordenadas leste, norte e altitude.

Resultados			
Tratamentos	Coordenadas leste (m)	Coordenadas norte (m)	Altitude (m)
V30-RTK	450873,31 A	7736899,17 A	809,71 A
V30-ESTÁTICO	450873,32 A	7736898,96 A	809,27 A
PROXR	450873,39 A	7736899,19 A	809,61 A
GARMIN Etrex 10	450866,33 B	7736900,89 A	823,83 B
GOOGLE Earth	450873,26 A	7736898,71 A	818,00 B
Mavic PRO	450873,30 A	7736899,11 A	809,41 A

Fonte: Autoria própria (2019).

A tabela 3 apresenta as médias seguidas por letras diferentes, que destoam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Legenda: FV – Fator de Variação, GL – Graus de Liberdade e QM – Quadrados Médios.

O Garmin, por ser um equipamento de navegação, possui uma alta variabilidade nos pontos coletados. Trabalhos de Mendonça e Santos (2017) compararam equipamentos de precisão, navegação e o software Google Earth, analisando área e perímetro, chegando à conclusão que os equipamentos possuíram uma variação pequena entre os equipamentos, no entanto não se deve utilizar receptor GNSS de navegação e o Google Earth indiscriminadamente, pelo fato de não possuir bases de correção para obter dados precisos.

Na tabela 3, apresentam dois tipos de letras A e B, sendo que os tratamentos que apresenta letra A não diferenciaram entre eles, sendo que os tratamentos que apresentaram a letra B diferenciaram dos tratamentos que apresentaram a letra A. Para a altimetria, o Google Earth e o Garmin diferenciaram dos demais equipamentos no ponto 1 (TABELA 3). Pelo fato do Google Earth não possuir casas depois da vírgula para a altitude, pode agravar em dados errôneos, dependendo da declividade, sendo mais recomendado utilizar receptor GNSS de precisão como o RTK ou Estático. De acordo com Mohammed, Ghazi e Mustafa (2013), o Google Earth muda as imagens constantemente variando sua precisão no decorrer do tempo, e em seu trabalho descreveu que a ferramenta possui uma precisão de 1,59 m na horizontal e 1,7 m na vertical.

O ponto 10 não obteve diferença significativa entre os tratamentos para as coordenadas Norte e Leste (TABELA 4), no entanto o Google Earth e o Garmin diferiram na altitude entre os demais tratamentos. (TABELA 5).

Tabela 4- Fator de variação da estatística feita do ponto 10 para as coordenadas leste, norte e altitude, utilizando os testes T e Tukey

FV	GL	QM		
		Coordenadas leste (m)	Coordenadas norte (m)	Altitude (m)
Tratamento	5	0,10	0,03	49,28*
Resíduo	12	0,09	0,11	1,70
Total corrigido	17	0,19	0,14	50,89

Fonte: Autoria própria (2019).

Através da tabela 5 podem ser analisados os resultados do fator de variação do ponto 10.

Tabela 5 – Resultados da estatística feita do ponto 10 para as coordenadas leste, norte e altitude, utilizando os testes T e Tukey

Tratamentos	Resultados		
	Coordenadas leste (m)	Coordenadas norte (m)	Altitude (m)
V30-RTK	450852,37m A	7736875,91m A	810,44m A
V30-ESTÁTICO	450852,37m A	7736875,75m A	810,99m A
PROXR	450852,78m A	7736875,76m A	809,26m A
GARMIN Etrex 10	450852,67m A	7736875,67m A	817,67m B
GOOGLE Earth	450852,48m A	7736875,90m A	818,00m B
Mavic PRO	450852,34m A	7736875,91m A	810,31m A

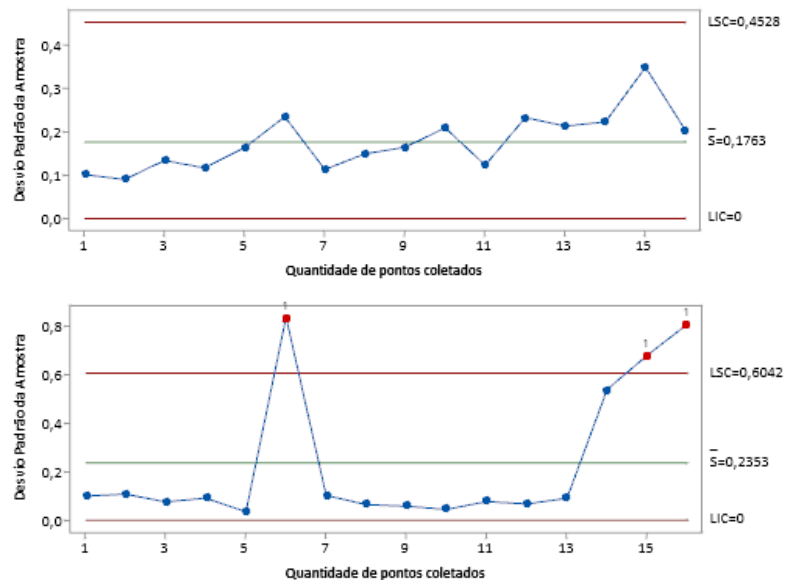
Fonte: Autoria própria (2019).

A tabela acima apresenta as médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Legenda: FV – Fator de Variação, GL – Graus de Liberdade e QM – Quadrados Médios.

Segundo Mekik e Arslanoglu (2009), a coleta de pontos no terreno demora tempo, no entanto, a vantagem do RTK é a rapidez de coleta de pontos, coletando as coordenadas em um tempo muito menor comparado ao estático, por exemplo. O RTK é uma ferramenta utilizada mundialmente e comparado ao estático, possui a característica de coletar o ponto em tempo real com alta precisão. Como no caso do gráfico 1 e 2, em que o estático possuiu alguns picos, extrapolando os limites. Isso ocorre pelo fato do pós-processamento obter a desvantagem de saber a qualidade do ponto logo após de descarregar os dados e processar no software. Pode ocorrer de alguns pontos não possuírem precisões altas ocorrendo devido ao tempo de espera de coleta do ponto, movimentação do equipamento e entre outros, diferente do RTK que possui dados mais lineares.

Os erros das observações são atraso da ionosfera, sinal de multicaminhamento, erro do relógio do receptor, órbita, quantidade de satélites captados pelo receptor GNSS e geometria dos satélites (FRANCO, 2009). Quanto maior for o número de satélites captados pelo receptor, maior será a precisão dos dados. O pós-processamento faz as devidas correções desses erros aumentando a precisão dos pontos coletados. Objetos acima do solo podem provocar o multicaminhamento, ou seja, desvio de sinal, afetando a precisão dos dados. PÉREZ et al. (2006) relataram em seu trabalho que a precisão é diferente em uma floresta de uma área sem objetos acima do receptor, ou seja, a precisão e a acurácia em uma área de floresta é menor que a outra, em que, descreveu dados de pontos de 1 a 30 minutos de uma área de floresta utilizando equipamento GNSS de dupla frequência obtendo um dado de 0,415m a 0,894 m, sendo que, em uma área sem objetos acima do solo apresentou uma precisão de 0,029m a 0,226 m.

Gráfico 1 e 2 - Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS V30 RTK e Estático, respectivamente, para as coordenadas leste.



Fonte: Autoria própria (2019).

Os gráficos acima apresentam as variações de LSC=Limite superior; Média; LIC= Limite inferior.

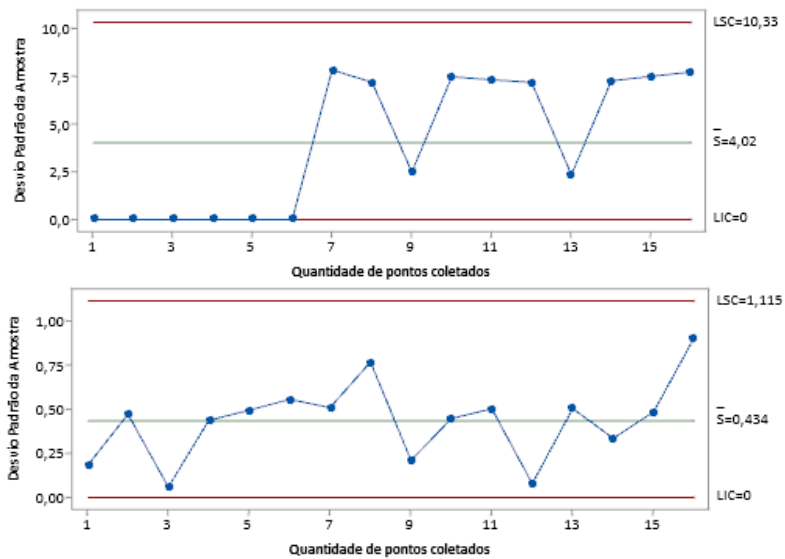
Os pontos de número 6, 15 e 16 para receptores GNSS estático mostrado no gráfico 02, demonstrou alguns valores fora do padrão em relação aos demais devido aos fatores de multicaminhamento, podendo ser causadas por vegetação próxima ao receptor GNSS ou até mesmo quantidade de satélites disponíveis no momento exato de coleta dos dados.

Os limites são calculados em relação ao número de amostras analisadas, no qual, está verificando a dispersão das médias de cada tratamento, uma vez que, caso ultrapasse o limite superior ou inferior descreve que aquele tratamento apresenta uma alta dispersão em relação à média.

Ramos et al. (2013) relatam que o gráfico de controle tem o objetivo de monitorar a dispersão das amostras, oferecendo eficiência, flexibilidade para as devidas aplicações, e para determinar os limites tem a necessidade de suportar valores observados que são normalmente distribuídos pela média e a variância.

O PRO XR apresentou uma alta dispersão dos pontos, no entanto manteve-se dentro dos limites estipulados (GRÁFICO 3). O experimento de Serr et al. (2006) descreveu que a precisão do PROXR foi de 0,59 cm dos pontos coletados, correspondendo com a precisão real do equipamento, em torno de 50 cm. O Google Earth apresentou uma alta variabilidade, encostando-se ao pico do limite inferior (GRAFICO 4).

Gráfico 3 e 4 - Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS PROXR e software Google Earth, respectivamente, para as coordenadas leste



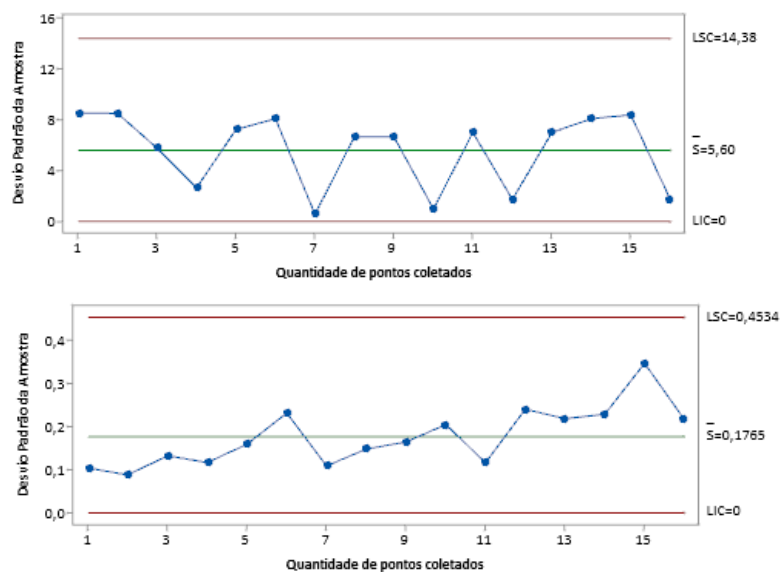
Fonte: Autoria própria (2019).

Os gráficos acima apresentam as variações LSC=Limite superior; Média; LIC= Limite inferior.

O Garmin apresentou uma alta variabilidade, não extrapolando os limites, no entanto, diferenciou dos demais equipamentos (GRAFICO 5). O Mavic apresentou uma média variabilidade, no entanto, obteve bons resultados (GRAFICO 6).

O drone apresenta a vantagem de coletar dados com maior eficiência, baixos custos. Silva, Da Cruz e Santos (2018) relatam que a utilização da ortofoto, produto final do drone, possui a característica de visualização espacial, além de que pode ser utilizado para diversas finalidades, em menor tempo, por sua vez.

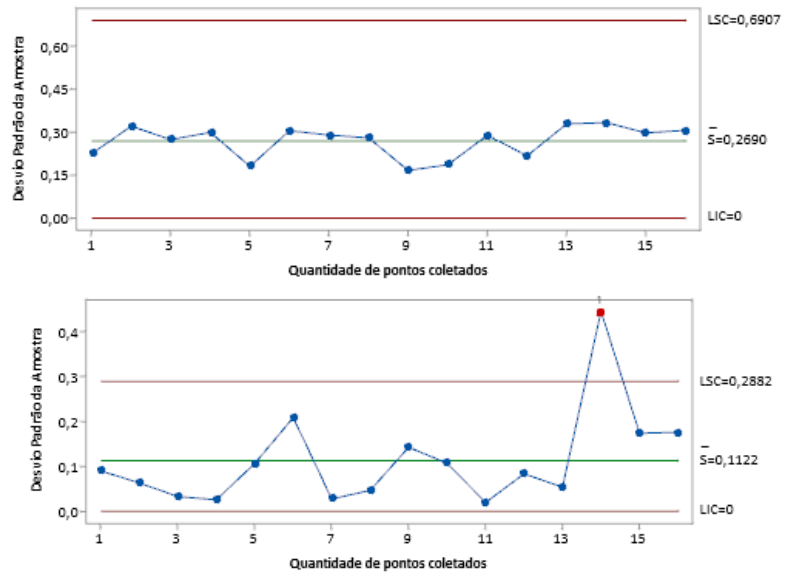
Gráfico 5 e 6 - Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS Garmin e Mavic PRO, respectivamente, para as coordenadas leste



Fonte: Autoria própria (2019).

Para as coordenadas Norte, o RTK apresentou maiores valores lineares comparados aos demais produtos (GRÁFICO 7). O V30 estático mostrou melhor constância de valores em relação ao limite médio comparado à coordenada leste, no entanto extrapolou o limite em um dos pontos (GRÁFICO 8).

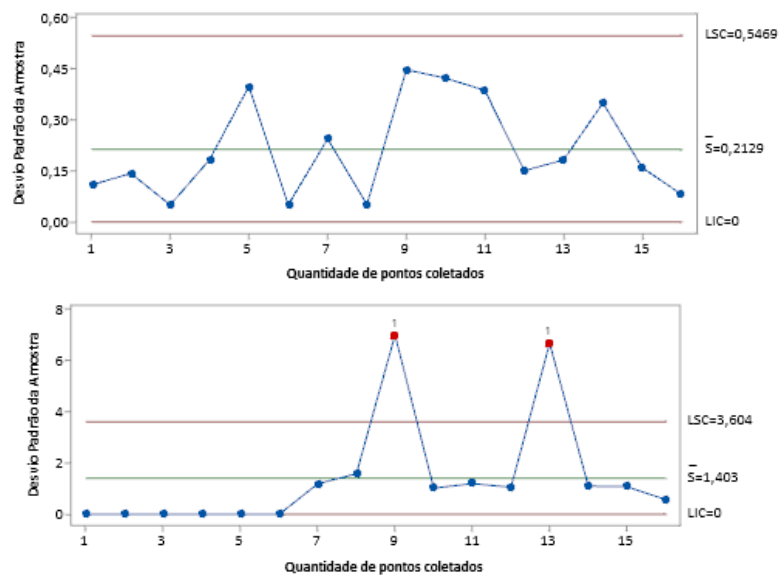
Gráfico 7 e 8 - Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS V30 RTK e Estático, respectivamente, para as coordenadas norte



Fonte: Autoria própria (2019).

Para as coordenadas Norte, o PROXR obteve uma alta variabilidade das amostras, mantendo dentro dos limites, agora, o Google Earth extrapolou os limites em dois pontos, além de possuir vários pontos longe do limite médio, sendo que não obteve diferença significativa para os demais equipamentos (GRÁFICOS 9 e 10).

Gráficos 9 e 10- Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS PROXR e software Google Earth, respectivamente, para as coordenadas norte

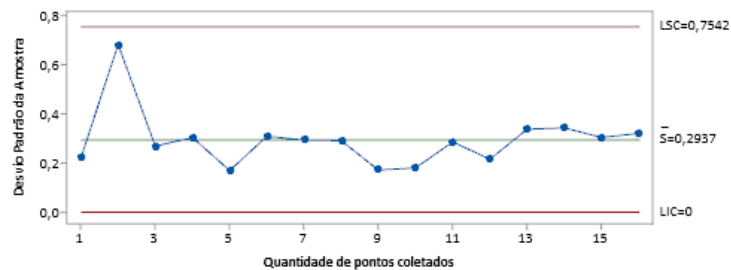
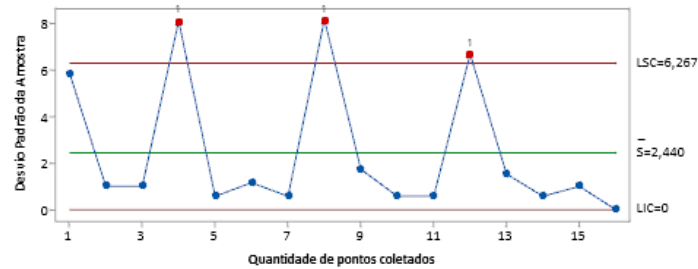


Fonte: Autoria própria (2019).

No resultado dos pontos para a coordenada Norte para o software Google Earth mostrada no gráfico 10, apresentou uma discrepância nos pontos 9 e 13 em relação aos demais. Esses valores podem ocorrer pelo fato do fator de precisão do software ter apresentado altos valores de discrepância de precisão para estes dois tipos de pontos, valor de precisão menores do que aos demais pontos. Lembrando que a precisão do software Google Earth está nas casas de metros.

O Garmin extrapolou as coordenadas para as coordenadas norte, possuindo uma alta discrepância entre os valores médios do desvio padrão, no entanto não apresentou diferença mínima significativa. (GRÁFICO 10). O Mavic pro manteve uma discrepância média a pequena, obtendo um valor fora do normal no ponto 2, entretanto dentro do limite aceitável de discrepância em relação aos demais pontos (GRÁFICO 12). Essa discrepância para o Mavic pro pode ter ocorrido pela qualidade dos pontos coletadas pela imagem durante a captura da mesma durante o período de voo.

Gráficos 11 e 12 - Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS Garmin e Mavic PRO, respectivamente, para as coordenadas norte

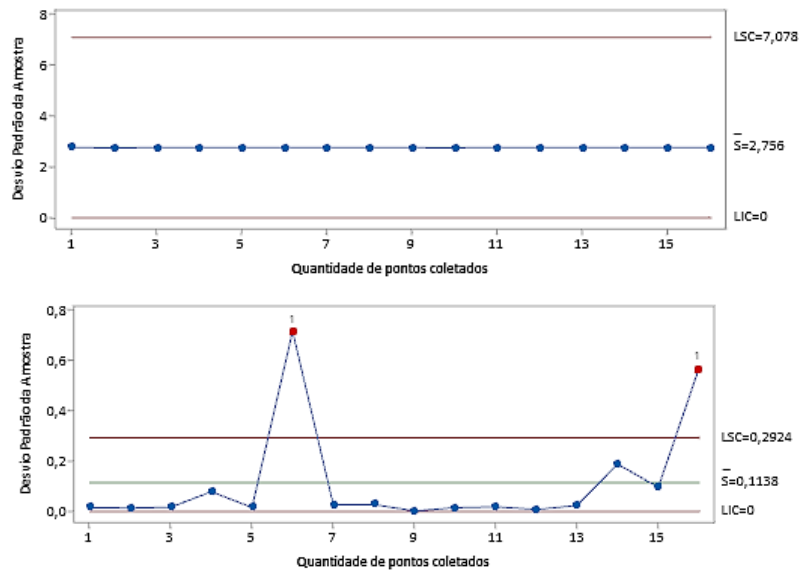


Fonte: Autoria própria (2019).

O receptor GNSS Garmin apresenta um alto valor de discrepância de precisão, sendo que, este valor acarreta uma variação enorme para todos os pontos coletados, podendo ser explicado por não possuir uma base de referência, não podendo corrigir os dados coletados e por não possuir dupla frequência em seu sistema operacional causando grandes distorções dos dados em relação a realidade, além de não possuir uma precisão acurada.

Na altitude, o RTK possui melhor dado comparado aos demais, pelo fato de apresentar dados milimétricos de variação, e possuir um baixíssimo grau de discrepância em relação à média do desvio padrão (GRÁFICO 13). O estático ultrapassou o limite superior em dois pontos, além de apresentar uma variabilidade maior ao RTK. Esses dados podem ter ocorrido pelo fato de ter apresentado alguns dados, como o que foram ultrapassados, aumentando a discrepância em relação à média (GRÁFICO 14).

Gráficos 13 e 14- Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS V30 RTK e Estático, respectivamente, para as coordenadas altimétricas



Fonte: Autoria própria (2019).

No Gráfico 14, os pontos 6 e 16 para o receptor GNSS V30 estático apresentaram variações aos demais podendo ser ao erro de multicaminhamento e quantidade de satélites disponíveis no momento da coleta.

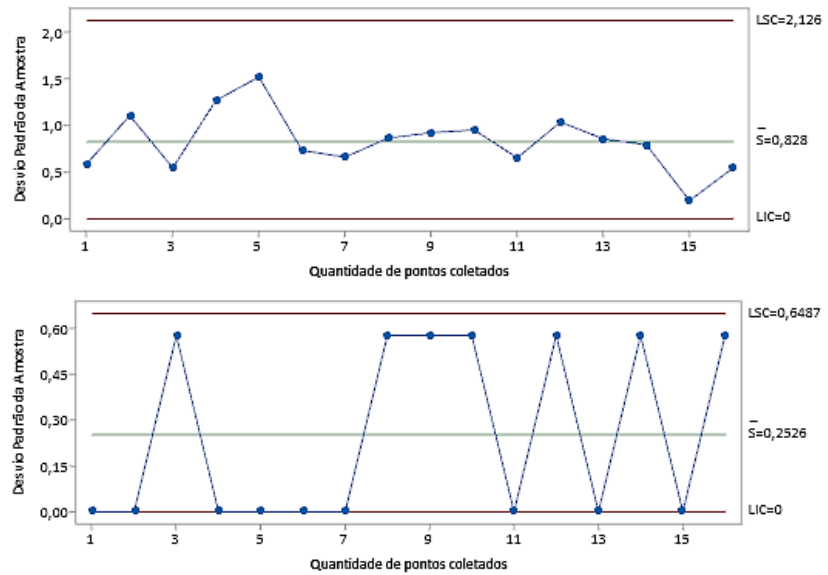
O PROXR apresentou valores médios de precisão em torno de 70 cm. Na vertical a precisão desse equipamento geralmente é maior que na horizontal. Sobre a discrepância em relação à linha média, o comportamento foi praticamente parecido comparado às coordenadas leste e norte (GRÁFICO 15).

O Google Earth apresentou altíssimas variações para a altimetria, diferenciando dos demais aparelhos junto com o Garmin, de acordo com o teste T (GRAFICOS 16 e 17). O Garmin extrapolou o limite em um dos pontos, e pode chegar ao resultado que para a altimetria tanto o Garmin como o Google Earth não são recomendados para as práticas, como geração de curvas de nível, criação de perfis longitudinais e entre outros, pelo fato de poder apresentar erros, gerando falsos dados. Vale lembrar que para finalidades que necessita de precisões maiores, o Google Earth e o Garmin não são recomendados.

O PROXR possui a característica de fácil manuseio, e obtém precisões na escala de centímetros, podendo ser utilizado para levantamentos topográficos. O estático e o RTK possuem alta precisão para a coleta de dados, no entanto, o RTK possui a vantagem de coletar o ponto mais rápido, tendo menor discrepância entre as coordenadas, sendo considerado mais preciso, agora, o estático tem a finalidade de correções de pós-processados sendo uma prática interessante para obter dados confiáveis.



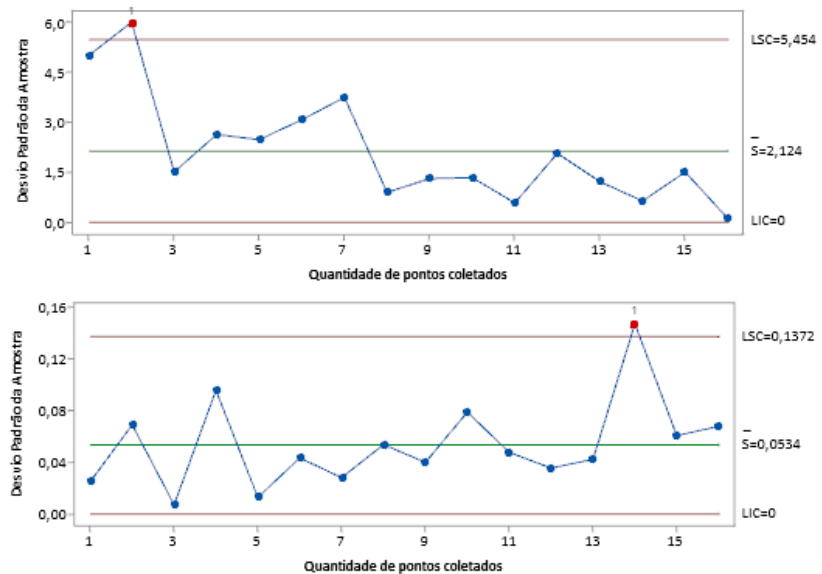
Gráficos 15 e 16- Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS PROXR e software Google Earth, respectivamente, para as coordenadas altimétricas



Fonte: Autoria própria (2019).

O Mavic PRO apresentou maior variação comparado às coordenadas Norte e Leste, sendo que, ultrapassou em um ponto o limite superior. O drone possui diversas vantagens, podendo ser considerado uma ótima ferramenta para coleta de dados em locais maiores, que necessitariam de maiores tempos, podendo gerar curvas de níveis, coleta de dados altimétricos e planimétricos, sem falar que o drone realiza operações em locais onde não é possível o acesso. Na altimetria o drone apresentou média dispersão apresentando um ponto que ultrapassou o limite superior, podendo ser explicado por apontamento dos pontos apoio durante o processamento ou precisão das coordenadas coletadas na coleta dos pontos de apoio em campo utilizando o V30 RTK (GRAFICO 18).

Gráficos 17 e 18- Resultado da estatística do controle da qualidade para o equipamento GNSS Garmin e Mavic PRO, respectivamente, para as coordenadas altimétricas



Fonte: Autoria própria (2019).

No Gráfico 17, pode ser visualizado no ponto 2, o valor de discrepância da precisão para a coordenada altitude maior do que aos demais pontos podendo ser explicado pelo fator de precisão do receptor GNSS Garmin pelo fato de não possuir correção dos pontos coletados.

No Gráfico 18, pode ser visualizado no ponto 14, valor do ponto discrepante em relação aos demais, extrapolando o limite aceitável, podendo ser explicado pela qualidade dos pontos coletados pela imagem durante a captura da mesma durante o período de voo.

O conhecimento do equipamento é de extrema importância para que se tenha dados eficientes para determinada finalidade. O profissional, ao utilizar determinado equipamento, deve saber qual qualidade o produto irá acarretar para a entrega do produto final. De acordo com Ministério da Defesa (2016), o controle da qualidade de produtos cartográficos digitais, apesar de ser lei, não existem as respectivas cobranças por parte dos contratantes, e o avanço tecnológico está elevando a quantidade de usuários não capacitados ou especializados para o desenvolvimento de mapas, que por sua vez, está gerando produtos de baixa qualidade, sendo necessário conhecer a qualidade do produto para que tenha a consciência do serviço a ser obtido.

## **CONCLUSÃO**

Conclui-se que o equipamento GNSS RTK é o mais preciso pelo fato de apresentar maior linearidade nos valores médios do desvio padrão das coordenadas.

No caso dos equipamentos Garmin e o Google Earth, apresentaram alta discrepância dos valores médios, obtendo uma alta taxa de variação nas coordenadas, não sendo recomendado para práticas que necessitam da altimetria como produto.

O drone apresentou valores médios de variação, sendo recomendado para trabalhos topográficos e engenharia, sendo uma ótima ferramenta de utilização pelo custo benefício e tempo de utilização.

O PROXR pode ser uma boa ferramenta para a coleta de dados, apresentando dados de centímetros, além de ser de fácil manuseio, no entanto apresenta uma variação constante em valores de coordenadas, sendo necessária a coleta de pontos em maior tempo e deixar o aparelho na posição imóvel para obter melhores precisões.

# Evaluation of accuracy of GNSS equipment, checking the variance the coordinates, utilizing the control chart

## ABSTRACT

The GNSS receivers have the role to take coordinates on terrestrial surface for many finalities, there have many types of equipment and software, being necessary to evaluate which of these are more accuracy. It was realized at Laboratory Farm of Centro Universitário de Formiga (UNIFOR) a survey with the following GNSS equipment, being them Garmin, etrex 10, Trimble PROXR, Hi target V30, static and RTK, Mavic PRO of Dji (UAV), and the software Google Earth PRO. The goal was to evaluate the accuracy of each equipment, watching if there are difference significant, in order to elect the most accurate and satisfactory results. It was realized the test T for see if it has difference minimums significant. And through of Control chart it was evaluated which equipment has more variability. The Garmin and the coordinates collected by software Google Earth PRO had the biggest variability, differ than others in altitude, considering lowers accuracy. The V30 RTK the biggest linearity of data. The V30 static mode showed medium to low variability. The PROXR had medium discrepancy being an easy handling tool. The Mavic PRO had a medium to low variability being considered a good tool to the topography and engineer.

**KEYWORDS:** GNSS receivers, Geodesy, Accuracy of GNSS

## AGRADECIMENTO

Agradeço ao apoio e ensinamentos dos meus pais Lucas e Cristiane, minha irmã Luana e minha namorada Bárbara que me auxiliaram nas realizações de atividades e de enfrentar barreiras encontradas durante meu percurso pessoal, profissional e acadêmico. Agradeço aos meus professores e orientadores Paulo Frade, Adriano Alves e Aladir Horácio.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, M. B. et al. Análise comparativa dos resultados obtidos pelos métodos de calibração de campo tridimensional e bidimensional. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.21, n.2, p.308-328, jun. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702015000200018>.

CONSOLI, G.; THUM, A. B. Avaliação do uso da tecnologia GNSS/RTK e GNSS/RTX para medições rápidas de coordenadas e área em local de inundação. São Leopoldo, 2017. p. 1-19.

DALFORNO, G. et al. Levantamento planialtimétrico no plano topográfico local: estudo comparativo dos resultados obtidos a partir de métodos geodésicos e topográficos. **Gaea - Journal Of Geoscience**, v. 5, n. 2, p.51-60, 2009. <http://dx.doi.org/10.4013/gaea.2009.52.011>

DA SILVA, D. C. et al. Qualidade de ortomosaicos de imagens de Vant processados com os softwares APS, PIX4D e Photoscan. *In*: Simpósio Brasileiro de Ciência Geodésica e Tecnologias da Geoinformação, 5., Recife. **Anais [...]**. Recife, p. 747 – 754, 2014.

DA SILVA, C. A. et al. Utilização de VANT para geração de ortomosaicos e aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (INPE), 17., João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa, p. 1137 – 1144, 2015.

DJI. **Mavic PRO**: Manual do usuário. 2017. Disponível <[https://dl.djicdn.com/downloads/mavic/20170630/Mavic+Pro+User+Manual+V1.6\\_PT.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/mavic/20170630/Mavic+Pro+User+Manual+V1.6_PT.pdf)>. acessos em jun. 2019

FRANCO, T. C. R. Análise da precisão no posicionamento com um receptor GPS de navegação. **Revista Agrogeoambiental**, p.79-86, 2009.

HU, Q. et al. Exploring the Use of Google Earth Imagery and Object-Based Methods in Land Use/Cover Mapping. **Remote Sensing**, v. 5, n. 11, p.6026-6042. 2013. <http://dx.doi.org/10.3390/rs5116026>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Manual do Usuário Aplicativo online IBGE-PPP**. Rio de Janeiro, 2017. 46 p.

JESUS, H. P.; OLIVEIRA, H. C. **Análise comparativa de levantamentos planialtimétricos – Topografia Convencional, GPS e Drone**. 2018. 15p. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

KHOMSIN, I. M. A.; PRATOMO, D. G.; RISTANTO, W. Accuracy analysis of GNSS (GPS, Glonass and Beidou) observation for positioning. **E3S Web of Conferences**, v. 94, p.1-7, 2019. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20199401019>

MATSUOKA, M. et al. Potencialidades do serviço on-line de Posicionamento por Ponto Preciso (CSRS-PPP) em aplicações geodésicas. *Gaea - Journal Of Geoscience*, v. 5, n. 1, p.42-48, 2009. <http://dx.doi.org/10.4013/gaea.2009.51.05>

MEKIK, C.; ARSLANOGLU, M. Investigation on Accuracies of Real Time Kinematic GPS for GIS Applications. **Remote Sensing**, v. 1, n. 1, p.22-35, 2009. <http://dx.doi.org/10.3390/rs1010022>

MENDONÇA, C. H. C. de O.; SANTOS, R. F. dos. Análise comparativa entre poligonais obtidas pelo Google Earth PRO, receptor GNSS de precisão e receptor GNSS de navegação. **Revista Científica Semana Acadêmica**, n. 000111, 2017.

MOHAMMED, N. Z.; GHAZI, A.; MUSTAFA, H. E. Positional Accuracy Testing of Google Earth. **International Journal Of Multidisciplinary Sciences And Engineering**, v. 4, n. 6, p. 6-9, 2013.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. do; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão. São Paulo: Oficina de Textos**, 2015. 238 p.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Norma da Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG). 2016. 195 p.

NETO, M. S. **Topografia com Drones: A evolução tecnológica**. 2014. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/topografia-com-drones/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

PÉREZ, J. R. R. et al. Comparison of GPS Receiver Accuracy and Precision in Forest Environments. Practical Recommendations Regarding Methods and Receiver Selection. *In: Anais do 13° FIG Congress*, p. 8-13, 2006.

RAMOS, E. M. L. S.; ALMEIDA, S. dos S. de; ARAÚJO, A. dos R. **Controle Estatístico da Qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 167 p.

SANTOS, S. D. R. et al. Considerações sobre a utilização do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) nos dias atuais. *In: Simpósio Brasileiro de Ciência Geodésica e Tecnologias da Geoinformação, 3., Recife. Anais [...]. Recife, p. 001 – 005, 2010.*

SERR, K.; WINDHOLZ, T.; WEBER, K. Comparing GPS Receivers: A Field Study. *Urisa Journal*, v. 18, n. 2, p.19-23, 2006.

SILVA, P. de L. e; DA CRUZ, D. T.; SANTOS, A. de P. dos. Estudo comparativo entre a acurácia posicional planimétrica de ortofotos com GSD médio distintos. *In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal (INPE), 7., Jardim. Anais [...]. Jardim, p. 131 – 141, 2018.*

TECNOSAT. **V30 Sistema GNSS RTK. 2017.** Disponível em <<https://www.tecnosat.com.br/wp-content/uploads/tecnosat-catalogo-gnss-hi-target-v30-rtk-topografia-1-3.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED MAPPING. Pro XR/XRS, **Receiver Manual. 1998.** Disponível <[http://produkter.geoteam.dk/Manualer/ProXR\\_S/ProXR\\_S.pdf](http://produkter.geoteam.dk/Manualer/ProXR_S/ProXR_S.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2019, 104 p.

WERLICH, R. M. C. et al. Análise da precisão de equipamentos geodésicos na determinação de distâncias curtas. *In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 4., Recife. Anais [...]. Recife, p. 003 - 007, 2012.*

ZHANG, X et al. Initial assessment of the COMPASS/BeiDou-3: new generation navigation signals. *Journal of Geodesy*, v. 91, n. 10, p. 1225-1240, 2017.

**Recebido:** 18 out. 2019

**Aprovado:** 08 jun. 2021

**DOI:** 10.3895/rbgeo.v9n2.10980

**Como citar:** CARDOSO, B.M.; SILVA, A.A.; SANTOS, A.H.; SILVA, L.A.; FRADE, P.R. Avaliação da precisão dos equipamentos GNSS, verificando a discrepância das coordenadas, utilizando a carta controle.

**R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 120-140, abr./jun. 2021. Disponível em:

<<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Bruno de Moraes Cardoso

Rua Tenente Ribeiro, 465, CEP 35588-000, Arcos, Minas Gerais, Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

