

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM TRÊS PASSOS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

RAFAELA FATIMA SERAFINI

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS
PARA LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO**

TRÊS PASSOS

2021

RAFAELA FATIMA SERAFINI

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS
PARA LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma
pela Universidade Estadual do Rio Grande do
Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin

Coorientador: Eng. Agr. Daniel Erison
Fontanive

TRÊS PASSOS

2021

Catálogo de Publicação na Fonte

S482a Serafini, Rafaela Fátima.
Análise comparativa de diferentes equipamentos topográficos para levantamento de dados de campo / Rafaela Fátima Serafini. – Três Passos, 2021.
25 f.

Orientador: Prof. Ramiro Pereira Bisognin

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Graduação em Agronomia, Três Passos, 2021.

1. RTK. 2. Estação total. 3. GNSS de navegação. 4. Fita métrica. 5. Topografia. I. Bisognin, Ramiro Pereira. II. Título.

RAFAELA FATIMA SERAFINI

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS
PARA LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma
pela Universidade Estadual do Rio Grande do
Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin

Coorientador: Eng. Agr. Daniel Erison
Fontanive

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Prof. Dr. Marciel Redin

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Prof. Dr. Mastrângello Enívar Lanzasova

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

RESUMO

A topografia surgiu como um ramo da geodésica para o estudo da descrição exata e minuciosa de um lugar, desde o relevo, dimensões e posição relativa de uma porção da superfície terrestre. Desde seu surgimento, os avanços tecnológicos têm possibilitado a oferta de dispositivos cada vez mais modernos e dotados de funções, o que possibilita uma grande diversidade de equipamentos para levantamentos topográficos. Nesse sentido, no presente estudo objetivou-se analisar, comparativamente, diferentes equipamentos empregados para o levantamento de dados topográficos na medição de áreas. Neste estudo foram utilizados os equipamentos GNSS RTK X91+ (RTK), estação total Geodetic GD2i, receptor GNSS de navegação Garmin etrex 10 e fita métrica de lona para coleta de pontos de uma área localizada no município de Três Passos-RS. Avaliou-se medidas lineares, angulares, variação de área de cada equipamento, além da análise das características operacionais e tempo de coleta e processamento dos dados com cada equipamento e seu respectivo método operacional. A testemunha utilizou os dados coletados pelo receptor GNSS RTK devido sua maior precisão teórica. Como resultados, o equipamento que possibilitou o melhor desempenho para medidas lineares foi à estação total, quando comparado ao receptor GNSS RTK utilizado como testemunha. Para as medidas angulares a estação total não atingiu os níveis de precisão adequados indicados na NBR 13.133/1994. O receptor GNSS de navegação apresentou a maior variação em relação à testemunha, não sendo indicado para levantamentos topográficos que necessitem de precisão. A fita métrica não é indicada para a realização de levantamentos topográficos, pois não apresenta medidas angulares. Por fim, a estação total foi o equipamento que apresentou maior tempo de coleta e de processamento dos dados, apesar disso, foi o que mais se aproximou das medidas coletadas com o receptor GNSS RTK sendo, portanto, o mais indicado para levantamentos topográficos nas condições deste estudo, caso não se tenha à disposição um receptor GNSS RTK.

Palavras-chave: RTK; estação total; GNSS de navegação; fita métrica; topografia.

ABSTRACT

Topography emerged as a branch of geodesics to study the exact and detailed description of a place, from the relief, dimensions and relative position of a portion of the earth's surface. Since its appearance, technological advances have made it possible to offer devices that are more and more modern and equipped with functions, which enable a wide range of equipment for topographic surveys. In this sense, this study aimed to analyze, comparatively, different equipment used for surveying topographic data in the measurement of areas. In this study, GNSS equipment RTK X91 + (RTK), Geodetic GD2i total station, GNSS navigation receiver Garmin etrex 10 and canvas measuring tape were used to collect points in an area located in Três Passos-RS. Linear and angular measurements, area variation of each equipment are evaluated, in addition to the analysis of operational characteristics and data collection and processing time with each equipment and its respective operational method. As a witness, it used data collected by the GNSS RTK receiver due to its greater theoretical accuracy. As a result, the equipment that enabled the best performance for linear measurements was a total station, when compared to the GNSS RTK receiver used as a witness. Angular parameters at the total station did not meet the adequate precision levels in NBR 13.133 / 1994. The navigation GNSS receiver presented the greatest variation in relation to the witness, not indicated for topographic surveys that require precision. The tape measure is not used to carry out topographic surveys, as it does not have angular measurements. Finally, the total station was the equipment with the longest data collection and processing time. Despite this, the total station was the equipment that came closest to the measurements collected with the GNSS RTK receiver, being, therefore, the most suitable for topographic surveys under the conditions of this study, if a GNSS RTK receiver is not available.

Keywords: RTK; total station; navigation GNSS; measuring tape; topography

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	7
2.1 OBJETIVO GERAL.....	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3 METODOLOGIA	8
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DAS CONDIÇÕES DE LEVANTAMENTO	8
3.2 DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	9
3.2.1 GNSS/RTK	9
3.2.2 Estação total	9
3.2.3 Receptor GNSS de navegação	9
3.2.4 Fita Métrica	10
3.3 AVALIAÇÕES.....	10
3.3.1 Variação de medidas obtida com os diferentes equipamentos	10
3.3.1.1 <i>Medidas lineares</i>	10
3.3.1.2 <i>Medidas angulares</i>	11
3.3.1.3 <i>Variação da área obtida pelos diferentes equipamentos</i>	12
3.3.2 Análise das características operacionais dos equipamentos	12
3.3.3 Verificação do tempo para a coleta e processamento dos dados	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 VARIAÇÃO DAS MEDIDAS COM DIFERENTES EQUIPAMENTOS.....	13
4.1.1 Medidas lineares	13
4.1.2 Medidas angulares	16
4.1.3 Variação da área obtida pelos diferentes equipamentos	17
4.2 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	18
4.3 VERIFICAÇÃO DO TEMPO PARA A COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O uso de técnicas e ferramentas para orientação, representação gráfica, posicionamento, e medições no espaço geográfico foram desenvolvidas a partir da necessidade do homem se deslocar e demarcar territórios (COELHO JÚNIOR; ROLIM NETO; ANDRADE, 2014). Nesse sentido, a topografia surgiu como um ramo da geodésica para estudar a descrição exata e minuciosa de um lugar, desde o relevo, dimensões e posição relativa de uma porção da superfície terrestre. Para isso, possui ferramentas que possibilitam a análise precisa do terreno, proporcionando qualidade ao planejamento e a execução de levantamentos de campo (PARAISO *et al.*, 2019). Na agricultura, a topografia é utilizada em diversas situações, como medição de áreas, análise e correção de nível, localização precisa de sistemas de irrigação e demais infraestruturas. Esses fatores se tornam importantes para exploração do potencial de produtividade das culturas (BUSNELLO; CONTE, 2015).

Segundo Dias (2019), em um levantamento topográfico é possível descrever detalhadamente todas as configurações existentes num terreno, minimizando erros durante a elaboração e gerenciamento de projetos. Para tanto, a obtenção de dados topográficos pode ser realizada a partir de diversos métodos e equipamentos, desde teodolitos com fios estadimétricos, empregados tanto no levantamento altimétrico como planimétrico, a equipamentos modernos como estações totais eletrônicas, fotogrametria com drones, e receptores de sistemas de navegação por satélite *Global Navigation Satellite System* (GNSS) (SANTOS *et al.*, 2017). Nesse sentido, a evolução de equipamentos, acessórios e *softwares* voltados à coleta e processamento de dados geodésicos tem sido constante. Desde a década de 1980 começou a se popularizar, entre os profissionais de topografia, o uso de estações totais em substituição aos teodolitos (FRIEDMANN e VEIGA, 2010; DE OLIVEIRA, 2017), por possibilitar a obtenção de distâncias ao horizonte, desnível entre pontos e coordenadas dos locais ocupados pelo refletor (prisma), a partir de uma orientação prévia (SANTOS, 2019).

Conforme ABNT-NBR 10.123 (2012), a trena é um instrumento de medição graduado no sistema métrico, com traços transversais e sobreposta a um suporte dotado de mecanismo de recolhimento manual ou automático da fita. Disponível em diferentes tamanhos, de 1 até 100 m, pode ser fabricada de diversos materiais, desde lona, seda e linho com malha metálica, aço, a fibra de vidro e em pequena escala o invar (liga a base de níquel e ferro) (VEIGA *et al.*, 2012; BOTELHO *et al.*, 2017).

A estação total armazena os dados levantados e, por trigonometria, é capaz de fornecer coordenadas X e Y dos pontos levantados, ou a posição perante um ponto já conhecido. Os

dados levantados podem ser transferidos para computadores e com o auxílio de *softwares* podem ser gerados mapas do levantamento, com informações altimétricas e/ou planimétricas (OLIVEIRA, 2017).

Os sinais GNSS emergiram na década de 1990, inicialmente com aplicação militar, passando a ser disponibilizados mais tarde para uso civil. Os receptores GNSS possibilitam a obtenção de coordenadas de posicionamento precisas (menor variação de um conjunto de coordenadas) e acuradas (proximidade das coordenadas ao valor verdadeiro), em equipamentos de alta precisão. No entanto, o sinal também está disponível para receptores de baixa precisão, para simples navegação (LOPES *et al.*, 2017). O posicionamento por satélites é estruturado por três segmentos: 1) Espacial, constituído por constelações de satélites de posicionamento; 2) De controle, que compreende uma rede terrestre de estações de controle mestre, de carregamento de dados e de monitoramento; e 3) De usuários, que consiste em equipamentos receptores que processam os sinais recebidos dos satélites e possibilitam, entre outras informações, a obtenção de dados de posicionamento (RODRIGUES, 2017).

Segundo Oliveira (2017), entre os novos equipamentos e técnicas utilizadas no levantamento topográfico com satélites tem-se o posicionamento RTK (*Real Time Kinematic*), também conhecido como posicionamento cinemático em tempo real, baseado nos sinais GNSS. Os receptores de sinais GNSS RTK são os mais precisos e completos disponíveis para topografia, informando em tempo real a coordenada de posicionamento no terreno. Segundo Barbosa (2010) e Andrade Neto (2019), a estação de referência (base) fica posicionada sobre um ponto de coordenadas conhecidas e transmite informações ao receptor móvel (rover), que realiza a coleta de dados nos pontos de interesse do usuário para determinação da posição em tempo real. Essa tecnologia possibilita medir inúmeros pontos em um curto intervalo de tempo, porém nem sempre é possível cumprir todas as tarefas de posicionamento, devido a eventuais perdas de sinais por obstruções que possam existir nos locais de interesse, como por exemplo, mata fechada, medição próxima a prédios e outros obstáculos. Por isso, é muito comum a necessidade de integrar o emprego de métodos terrestres de medição angulares e lineares com Estação Total, para determinação de pontos intervisíveis em áreas impossibilitadas de receber os sinais dos satélites de posicionamento (GAMA, DE SEIXAS e DE SOUZA, 2012), devendo todos os equipamentos estar devidamente aferidos para correta medição (PARAISO *et al.*, 2019).

Por sua vez, os receptores GNSS de navegação são pequenos, fáceis de manusear e de baixo custo. Eles utilizam o código C/A (*Coarse Acquisition*) para determinar sua localização na superfície terrestre. Este código, em tradução significa “aquisição grosseira”, e faz parte do

Precision Positioning Service – PPS (Serviço de posicionamento preciso), o serviço de posicionamento global por satélites artificiais de uso aberto aos civis. Os receptores GNSS de navegação determinam a pseudodistância no momento de análise e, em seguida, realizam cálculos de trilateração para determinar sua localização. Nesse tipo de equipamento não há pós-processamento, portanto, a acurácia e a confiabilidade dos dados são baixas (MENDONÇA; DOS SANTOS, 2017), na ordem de metros.

A partir da diversidade de equipamentos disponíveis no mercado, o desenvolvimento deste estudo para elucidar as diferenças no emprego de equipamentos de levantamento de dados de campo é necessário para auxiliar produtores rurais, futuros profissionais da área e comunidade em geral na tomada de decisão, seja para contratar um prestador de serviço ou mesmo para adquirir um equipamento. A partir disso, surge a hipótese de que a estação total e o receptor GNSS/RTK são os equipamentos mais indicados para levantamentos topográficos se comparados a fita métrica e o receptor GNSS de navegação Garmin ETREX 10. Nesse sentido, o presente estudo propõe a realização de uma análise comparativa de equipamentos topográficos para medição de áreas, com vistas à identificação de suas principais diferenças operacionais e de coleta de dados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar, comparativamente, diferentes equipamentos empregados para o levantamento de dados topográficos na medição de áreas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar a variação de medidas lineares, angulares e de área com os equipamentos GNSS/RTK, estação total, GNSS de navegação e fita métrica.

Verificar o tempo gasto para coleta e processamento dos dados com os diferentes equipamentos testados.

Analisar as características de operação dos equipamentos para o levantamento proposto.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DAS CONDIÇÕES DE LEVANTAMENTO

O estudo foi realizado no município de Três Passos/RS, situado no Noroeste do Rio Grande do Sul, com 268,902 km² de área (IBGE, 2020). A área foi escolhida aleatoriamente, no Bairro Pindorama, na Rua Luiz Mermoz Saldanha Eder, com características de relevo plano e sem vegetação de porte alto, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Croqui da área de estudo no município de Três Passos/RS



Fonte: Google Earth (2021).

Foram materializados dois marcos, os quais definiram a linha base para o trabalho de levantamento topográfico com o uso da Estação Total. Estes dois marcos tiveram suas coordenadas obtidas a partir de outro marco (base) já instalado e realizado pós-processamento, com correção de erro pelo IBGE, cujas coordenadas eram conhecidas. Este transporte de coordenadas foi realizado com o Receptor GNSS/RTK.

O levantamento foi realizado em dias ensolarados, sem a presença de nuvens, para evitar possíveis interferências de refração atmosférica e difração do sinal dos satélites. No levantamento topográfico foram utilizados quatro equipamentos diferentes, um receptor

GNSS/RTK, também considerado como testemunha pela maior precisão teórica, uma estação total, um receptor GNSS de navegação e uma fita métrica.

3.2 DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

O primeiro equipamento avaliado foi o receptor GNSS/RTK, seguido pela estação total, receptor GNSS de navegação e por último a fita métrica. Os equipamentos estação total e receptor GNSS foram adquiridos da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Unidade de Três Passos, o receptor GNSS/RTK foi obtido através de parceria de uma empresa privada e a fita métrica de aquisição própria. As características dos equipamentos são apresentadas a seguir.

3.2.1 GNSS/RTK

O receptor utilizado foi um GNSS RTK X91+ (RTK), da marca CHC, possibilitando o pós-processamento dos dados coletados. Segundo informações técnicas da CHC (2019), o equipamento possui precisão horizontal de 8 mm + 1 ppm e precisão vertical de 15 mm + 1 ppm. O equipamento tem disponíveis 220 canais GNSS, entre eles GLONASS: L1 C/A, L1P, L2 C/A, L2P, L3; SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS; Galileo: E1, E5A, E5B e BeiDou: B1, B2. Neste levantamento utilizou-se o rover, coletora e acessórios e utensílios necessários como tripé, bipé e estacas. Para transferência dos dados utilizou-se software disponibilizado pela fabricante.

3.2.2 Estação total

A estação total (ET) utilizada foi da marca Geodetic, modelo GD2i. Segundo o fabricante, o equipamento possui precisão de ± 5 mm + 2 ppm, com alcance de 500 metros sem a utilização de prisma e de 5.000 metros com o emprego de um prisma simples, com precisão de ± 2 mm + 2 ppm (GEODETIC, 2019). Para este equipamento foram empregados os acessórios necessários ao levantamento como tripé para a estação, trena, estacas e bastão contendo um prisma. Para transferência e transformação dos dados utilizou-se o software NTS Transfer.

3.2.3 Receptor GNSS de navegação

O terceiro equipamento utilizado foi um receptor GNSS de navegação, da marca Garmin, modelo etrex 10 (GE). O equipamento conta com precisão de ± 3 m e 30 cm de resolução, e possibilita a recepção de sinais dos sistemas GPS (Norte americano) e GLONASS (Russo).

3.2.4 Fita Métrica

No levantamento foi utilizada uma Fita métrica (FM) de lona com invólucro, de 50 m de comprimento. O método de medição utilizado foi o de Lance Único, e para essa ferramenta estima-se precisão de 25 cm para 100 metros medidos (VEIGA, 2012).

3.3 AVALIAÇÕES

3.3.1 Variação de medidas obtida com os diferentes equipamentos

Nesta avaliação ocorreu a comparação dos tratamentos com a testemunha, para verificar a acurácia dos equipamentos analisados.

Após coleta de dados e elaboração dos mapas, chegou-se a uma poligonal fechada. Para o levantamento de uma poligonal fechada é necessário que se conheça pelo menos um ponto de coordenadas conhecidas e orientação, de modo que após realizadas as medidas necessárias, têm seu ponto de chegada coincidindo com o de partida.

3.3.1.1 Medidas lineares

O levantamento das medidas lineares foi realizado através dos equipamentos descritos acima e acessórios. Para a medição de distâncias com a estação total adotou-se a técnica de medidas de ré e vante, enquanto que para o receptor GNSS de navegação foi utilizado o método de posicionamento por ponto, e com a trena utilizou-se o método de medida direta de lance único.

O emprego desses equipamentos, bem como a utilização do software Autocad de processamento dos dados para os equipamentos RTK, ET e FT, o software GPS TrackMaker para o GE, estendeu-se aos outros métodos propostos, a fim de obter as demais informações do levantamento topográfico como ângulos horizontais, verticais e distâncias. Para

minimização de erros, foram utilizados tripés nos bastões dos prismas refletores fixados na altura de 1,60 m em todos os vértices da poligonal, tanto para a leitura das medidas lineares bem como para as medidas angulares.

Para o cálculo da tolerância linear para poligonais do tipo 1 e 2, seguiu-se a NBR 13.133/94, conforme Equação 1:

$$T_p = c + d * \sqrt{L(km)} \quad (1)$$

onde:

c = erro médio de posição dos pontos de apoio de ordem superior multiplicado por 2 (por serem dois os pontos de apoio); Para as poligonais tipo 1, “ c ” assume o valor nulo;

d = coeficiente que expressa a tolerância para o erro de fechamento linear em m/km de desenvolvimento poligonal, somente aplicável às poligonais dos tipos 1 e 2;

L = somatório das distâncias horizontais da poligonal.

De acordo com a NBR 13.133/94 o coeficiente “ d ” assume valor 0,30. Desse modo a Equação 1 é expressa pela Equação 2:

$$T_p = 0,30 * \sqrt{L(km)} \quad (2)$$

Para o cálculo de Erro Linear Relativo (ϵ_{lr}), utilizou-se Equação 3:

$$\epsilon_{lr} = \frac{\epsilon_L}{\sum \text{Lados}} \quad (3)$$

onde:

ϵ_L = Erro relativo

$\sum \text{Lados}$ = Soma de todos os lados

3.3.1.2 Medidas angulares

O desvio padrão (σ) foi obtido através da Equação 4:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}}{N-1} \quad (4)$$

O valor para tolerância do erro angular ($T\alpha$) do equipamento, também chamado de erro angular máximo admissível, é estabelecido segundo seu fabricante como: a precisão nominal do equipamento (00°00'02”) multiplicado pela raiz quadrada do número de estações ($N = 4$) para execução da poligonal. Portanto: $T\alpha = 00°00'02” \times \sqrt{N} = 00°00'04”$.

Assim, foi definida a classe de poligonal de posse das características que mais se adequaram para as condições deste estudo, uma poligonal fechada do tipo 1 de classe IIP. A tolerância angular é expressa pela Equação 5:

$$T\alpha = a + b * \sqrt{N} \quad (5)$$

Onde:

a = erro médio angular (azimute) da rede de apoio (ordem superior) multiplicado por 2 (por serem duas as direções de apoio). De acordo com a normativa, para as poligonais tipo 1, “a” assume o valor nulo;

b = coeficiente que expressa a tolerância para o erro de medição do ângulo poligonal.

N = número de lados da poligonal;

3.3.1.3 Variação da área obtida pelos diferentes equipamentos

Para a avaliação de variação de dimensão de área (m²), foram utilizados diferentes métodos para o cálculo nos quatro equipamentos utilizados. A área total do terreno avaliado com o RTK, com a estação total e com a fita métrica foi obtida através do software AutoCad.

O equipamento Garmin, logo após feito o levantamento dos dados, gera os resultados automáticos de área total, no equipamento.

Os resultados dos quatro equipamentos foram agrupados em uma tabela para a comparação dos valores de área total.

3.3.2 Análise das características operacionais dos equipamentos

Foi realizada uma análise de todos os equipamentos sobre os recursos humanos (número de pessoas) necessários para realização do levantamento topográfico.

Além disso, foi feito o levantamento da capacitação técnica dos recursos humanos, que é crucial para a correta coleta de dados dos diferentes equipamentos. Essa análise foi realizada com o objetivo da verificação de coleta de dados de campo confiáveis, bem como, da influência direta no tempo de coleta. Assim, foi feita uma classificação em três níveis de conhecimento, sendo avançado, médio e básico.

Os dados foram tabelados para a comparação e discussão dos resultados.

3.3.3 Verificação do tempo para a coleta e processamento dos dados

A coleta dos dados com os diferentes métodos e equipamentos foi realizada em diferentes dias. Desta forma, foi contabilizado o tempo necessário para a realização do levantamento dos dados à campo, as ações necessárias para baixar os dados, e o tempo para processá-los até a elaboração do mapa final.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIAÇÃO DAS MEDIDAS COM DIFERENTES EQUIPAMENTOS

Os dados apresentados na Tabela 1 foram obtidos através do receptor GNSS RTK, utilizado como testemunha. Para o pós-processamento, foram obtidos dados GNSS com a inserção do arquivo de observação no IBGE-PPP e demais informações necessárias, com as devidas correções aplicadas automaticamente. As coordenadas dos demais pontos foram corrigidas em relação aos novos valores de coordenadas da base.

Tabela 1 - Coordenadas UTM, Fuso 22, coletadas com receptor GNSS RTK X91+ na área de estudo no município de Três Passos/RS

Pontos	Coord. X (m)	Coord. Y (m)
P1	212020.0650	6958452.0010
P2	212051.6060	6958469.6840
P3	212041.0140	6958493.9750
P4	212008.0590	6958479.6720

Fonte: Autora (2021).

4.1.1 Medidas lineares

A Tabela 2 apresenta as medidas lineares de quatro pontos coletados com o equipamento testemunha GNSS RTK X91+ (RTK) e a estação total (ET). Neste levantamento a estação total apresentou o comprimento total (CT ou perímetro) do polígono de 128,75 metros. Com os dos dados levantados avaliou-se a diferença das medidas lineares entre os equipamentos.

Tabela 2 - Medidas lineares coletadas com receptor GNSS RTK X91+ em comparação com Estação Total Geodetic GD2i na área de estudo no município de Três Passos/RS

Pontos	RTK -Testemunha (m)	ET (m)	Diferença (m)
P1-P2	36,1597	36,1749	-0,0152

P2-P3	26,4999	26,5082	-0,0083
P3-P4	35,9284	35,8901	0,0383
P4-P1	30,1634	30,1855	-0,0221
CT (m) = 128,75	TI = 0,1076	$\epsilon_l = 0,01175$	$\epsilon_{lr} = 1:10958$

Legenda: CT: Comprimento total; TI: Tolerância linear; ϵ_l : Erro linear; ϵ_{lr} : Erro linear relativo.

Fonte: Autora (2021)

Verifica-se que o erro linear (ϵ_l) está abaixo da tolerância linear (TI) definida pela NBR 13.133/1994 para os medidores eletrônicos de distância (MEDs). Analisando o erro linear relativo (ϵ_{lr}), de valor 1:10958, da qualidade da poligonal obtida pelo equipamento ET, este pode ser classificado como de boa precisão para medidas lineares, segundo Brandão (2019), que dispõe sobre o erro de fechamento linear relativo máximo admissível, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Qualidade da poligonal através do erro linear relativo máximo admissível (ϵ_{lr})

Qualidade da poligonal	Erro linear relativo máximo admissível (ϵ_{lr})
Precisão baixa	1:500 a 1:1000
Precisão regular	1:1000 a 1:5000
Precisão média	1:5000 a 1:10000
Precisão boa	1:10000 a 1:100000
Precisão alta	Melhor que 1:100000

Fonte: Brandão (2019)

Resultados semelhantes foram encontrados por Paraíso (2019), que analisou medidas lineares, angulares e posicionais com estações totais e receptor GNSS/RTK, sendo que as medidas lineares das duas estações totais, E1 e E2 utilizadas, apresentaram erros lineares de 0,0357 m e 0,0204 m, respectivamente. A tolerância linear foi de 0,1779 m e de 0,1778 m, para E1 e E2, respectivamente. Com isso constata-se que o erro linear está abaixo da tolerância linear, resultado esse igual ao do presente estudo. Já em relação a classificação, as duas estações totais do estudo de Paraíso (2019) são de precisão média, diferindo da boa precisão encontrada no presente estudo.

Observa-se na Tabela 3, as medidas de distâncias coletadas nos quatro pontos pela testemunha e com o receptor GNSS de navegação Garmin Etrex 10 (GE). O CT do equipamento de navegação apresentou um valor de 123,65 m, que quando comparado com a testemunha (CT = 128,75 m) apresentou diferença aproximada de 5,1 metros.

Tabela 3 - Medidas lineares coletadas com receptor GNSS RTK X91+ em comparação com receptor GNSS de navegação Garmin Etrex 10 na área de estudo no município de Três Passos/RS.

Pontos	RTK - Testemunha (m)	GNSS de navegação (m)	Diferença (m)
P1-P2	36,1597	34,198	1,9617
P2-P3	26,4999	25,877	0,6229
P3-P4	35,9284	35,429	0,4994
P4-P1	30,1634	28,151	2,0124
CT (m) = 123,65	TI = 0,1054	$\epsilon l = 1,2923$	$\epsilon l r = 1:95$

Legenda: CT: Comprimento total; TI: Tolerância linear; ϵl : Erro linear; $\epsilon l r$: Erro linear relativo

Fonte: Autora (2021).

Na comparação dos dados do equipamento Garmin Etrex 10 com o RTK, percebe-se que o ϵl ficou acima da tolerância linear admissível, o mesmo ocorre quando analisado o $\epsilon l r$, cujo valor é de 1:95. Conforme o Quadro 1, de Brandão (2019), esse valor está abaixo da classificação inferior (“Precisão baixa”), com isso constata-se que o equipamento não é adequado para realização de levantamento topográfico para medidas lineares que satisfaça a NBR 13.133/1994. Em outra pesquisa, Dias (2019) avaliou diferentes equipamentos e metodologias em levantamentos planialtimétricos, utilizando estação total como testemunha, receptores GPS de navegação e GPS de aplicativo de Android, e verificou que o receptor GPS de navegação foi o equipamento que apresentou maior erro linear ($\epsilon l = 1,93$ metros). O autor atribuiu o erro a presença de materiais no terreno, tais como árvores e postes de iluminação, que atrapalham o recebimento de sinal de satélite. Contudo, essa avaliação sempre deve considerar a precisão e a acurácia dos equipamentos utilizados nos levantamentos, bem como se as condições do local são favoráveis ao emprego dos equipamentos disponíveis para o nível de precisão desejado.

Os resultados da variação das medidas lineares entre a fita métrica (FM) e o receptor GNSS RTK são apresentados na Tabela 4, sendo que o comprimento total do polígono obtido com a FT foi de 129,12 m.

Tabela 4 - Medidas lineares coletadas com receptor GNSS RTK X91+ em comparação com fita métrica na área de estudo no município de Três Passos/RS

Pontos	RTK – Testemunha (m)	Fita Métrica (m)	Diferença (m)
P1-P2	36,1597	36,24	-0,0803
P2-P3	26,4999	26,54	-0,0401
P3-P4	35,9284	35,93	-0,0016
P4-P1	30,1634	30,41	-0,2466
CT (m)= 129,12	TI=0,1077	$\epsilon l = 0,0602$	$\epsilon l r = 1:2144$

Legenda: CT: Comprimento total; TI: Tolerância linear; ϵl : Erro linear; $\epsilon l r$: Erro linear relativo
 Fonte: Autora (2021).

Analisando a Tabela 4, nota-se que o ϵl está abaixo da tolerância linear admissível. Na classificação de precisão do Quadro 1, proposto por Brandão (2019), o $\epsilon l r$ de 1:2144, corresponde a faixa de precisão regular desta forma a fita métrica como uma ferramenta manual, para medidas lineares apresenta bons resultados.

Quando comparado os valores de CT entre os equipamentos, adotando-se como testemunha o receptor GNSS RTK, tem-se o comprimento total (perímetro) da área de estudo de 128,75 metros, resultado próximo da Estação total, cujo valor medido foi de 128,75 metros, seguido pelo valor obtido com a fita métrica (129,12 m) e, por último, menos preciso, tem-se o resultado obtido com receptor GNSS de navegação que resultou em 123,65 m. A partir destes resultados percebe-se que as maiores variações ocorrem nos equipamentos de menor precisão, como esperado.

4.1.2 Medidas angulares

Na Tabela 5 estão dispostas as informações angulares coletadas em quatro pontos pelos equipamentos RTK e ET. Através desses dados foi definido o desvio padrão (σ), a tolerância angular (Ta) e o erro angular ($\epsilon\alpha$), de acordo com as especificações da NBR 13.133/1994.

Tabela 5 - Medidas angulares coletadas com receptor GNSS RTK X91+ em comparação com a Estação Total GD2i na área de estudo no município de Três Passos/RS

Pontos	RTK - Testemunha	Estação Total	Diferença
P1-P2	95°43'02"	95°50'54"	00°07'52"
P2-P3	90°05'52"	89°59'09"	00°06'43"
P3-P4	90°00'23"	90°11'50"	00°11'27"
P4-P1	84°10'43"	83°58'07"	00°12'36"
	$\sigma = 00^{\circ}02'43,55''$	$Ta = 00^{\circ}00'30''$	$\epsilon\alpha = 00^{\circ}00'01''$

Legenda: σ : Desvio padrão; Ta : Tolerância angular; $\epsilon\alpha$: Erro angular
 Fonte: Autor (2021).

A precisão informada pelo fabricante da ET é de 02", no entanto, com base nos valores da Tabela 5, observa-se que a precisão nominal foi excedida, se considerada a diferença entre σ e $\epsilon\alpha$. Desta forma, a precisão nominal para este levantamento foi de 00°02'42,55", o mesmo ocorre pela verificação da NBR 13.133/1994, que se classificaria como de baixa precisão para

medidas angulares, conforme disposto no Quadro 2. Porém quando comparado o $\epsilon\alpha$ com o valor de T_a , obtém-se resultados positivos, sendo que o $\epsilon\alpha$ (00°00'01") está abaixo da tolerância angular admissível.

No Quadro 2 observa-se a classificação das estações totais quanto a sua precisão angular.

Quadro 2 – Classificação de estações totais quanto a precisão angular

Classes de estações totais	Desvio-padrão (Precisão angular)
Precisão baixa	$\leq \pm 30''$
Precisão média	$\leq \pm 07''$
Precisão alta	$\leq \pm 02''$

Fonte: Adaptado de ABNT-NBR13.133/1994

O desvio padrão da ET observado na Tabela 5 é de 00°02'42,55", valor que se classificado de acordo com o Quadro 2 está acima do maior valor de classificação ($\leq \pm 30''$) que é de precisão baixa. Conforme verificado por Paraíso (2019), que analisou medidas lineares, angulares e posicionais obtidas com estações totais e GNSS/RTK, o autor concluiu que para medidas angulares, através da análise da precisão nominal conjunta do desvio padrão, ambas as estações totais (E1 e E2) excederam a precisão de 05", sendo que E1 foi a que mais se aproximou desse valor com diferença para a precisão nominal de 02,11" ($\epsilon\alpha - \sigma = 46'' - 38,89''$).

4.1.3 Variação da área obtida pelos diferentes equipamentos

A variação da área total obtida em metros quadrados (m²) entre os equipamentos em relação ao receptor GNSS RTK pode ser observada na Tabela 6.

Tabela 6 - Variação da área obtida com receptor GNSS RTK X91+, Estação Total GD2i, receptor GNSS de navegação Etrex 10 e fita métrica na área de estudo no município de Três Passos/RS

Equipamento	Área (m ²)	Variação (%)
RTK - Testemunha	1.018,54	0
Estação Total	1.018,64	0,01
GNSS de navegação	930,54	- 8
Fita Métrica	1.025,88	0,7

Fonte: Autora (2021)

Considerando os resultados da Tabela 6, o equipamento que mais apresentou variação foi o receptor GNSS de navegação. Acredita-se que essa variação se deve a precisão nominal desse equipamento que é de 3 m. Em seu estudo, Dias (2019) relata que a comparação da área total obtida com receptor GPS de navegação com a testemunha (estação total) representa uma variação de 4,3%, em virtude disso o autor descreve que o receptor GPS de navegação apresenta erros consideráveis para a variação de área. Castro, Rodrigues e Duarte (2018), na comparação do desempenho de dois tipos de trena na medição de áreas rurais (trena de fibra de vidro e trena eletrônica), com a estação total como testemunha para quesito de comparação, verificaram que a área total obtida com a trena de fibra de vidro foi de 3.212,5 metros quadrados e de 3.232 metros quadrados para a estação total. O percentual de variação desses dados é de 0,61%, porém na análise estatística não houve diferença entre os tratamentos, com isso concluíram que os métodos e instrumentos usados tem a mesma eficiência e podem ser considerados de boa acurácia.

Ao comparar distâncias horizontais e áreas de um polígono considerando pontos homólogos obtidos através de levantamento topográfico convencional realizado por estação total, levantamento georreferenciado por receptor GNSS e imagem do Google Earth, Felipe (2015) obteve os valores de área levantada pelo receptor GNSS de 31,624 ha e da estação total de 31,786 ha, o que representa uma variação de 0,5%. Na comparação com o presente estudo, nota-se que a variação foi bem menor (0,01%), evidenciando-se bons resultados para medida da área total com o RTK e ET.

4.2 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

A Tabela 7 apresenta algumas características operacionais de cada equipamento como o número de pessoas necessárias para levantamento de campo, assim como a capacitação técnica necessária para a realização da coleta e processamento dos pontos. A classificação da capacitação técnica foi realizada em três níveis (básico, médio e avançado).

Tabela 7 – Características operacionais para número de pessoas e capacitação técnica em levantamento com o receptor GNSS RTK X91+, Estação Total GD2i, GNSS de navegação Etrex 10 e fita métrica na área de estudo no município de Três Passos/RS.

Fator humano	RTK - Testemunha	Estação Total	GNSS de Navegação	Fita Métrica
--------------	------------------	---------------	-------------------	--------------

Número de pessoas (Unit.)	1	2	1	2
Capacitação técnica (nível)	Médio	Médio	Básico	Básico

Fonte: Autora (2021)

Em alguns casos de levantamento topográfico é necessária mais de uma pessoa para realização da coleta, isso ocorre com a utilização de estação total, no qual uma pessoa é encarregada do próprio equipamento e outra pessoa desloca-se para a coleta dos pontos com o prisma. Para a FM, via de regra, também são necessárias duas pessoas, sendo uma em cada extremidade da fita.

Para o manuseio dos equipamentos RTK e ET, é indispensável, no mínimo, conhecimento médio de cada aparelho. Para o enquadramento nesse nível, considera-se que o operador do equipamento tenha ao menos o conhecimento sobre o manual de instruções, também noções intermediárias sobre o sistema de coleta e conhecimentos básicos de agrimensura. Além disso, o nível exigido influencia diretamente na diminuição de erros do levantamento topográfico e também no tempo total de coleta de dados.

Jeronymo e Pereira (2015), na comparação de três métodos de levantamento topográfico, por meio da coleta de dados realizada em um mesmo trecho de uma trincheira de via pública com o equipamento estação total, em relação ao fator humano, descrevem a necessidade de duas pessoas para o levantamento e com nível médio de capacitação técnica, além do conhecimento das informações constantes nos manuais de utilização do equipamento e/ou software.

Já para o receptor GNSS de navegação e para a fita métrica, a capacitação técnica de nível básico é suficiente, visto que não há maiores dificuldades na execução do trabalho. Contudo, noções básicas de cartografia facilitarão a compreensão das funções disponíveis nos receptores GNSS de navegação.

4.3 VERIFICAÇÃO DO TEMPO PARA COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Na Tabela 8 são apresentados os dados de tempo de coleta e de processamento para cada equipamento, assim como a variação entre eles. Para os equipamentos RTK e ET, é necessária a montagem dos equipamentos. Para o RTK antes da coleta é feita a montagem da base e do *rover*, feito isso se inicia o levantamento dos dados. Da mesma forma, é indispensável a instalação do tripé e nivelamento da estação total para o início da coleta, o que demanda maior tempo para o início da coleta dos dados.

Tabela 8 - Tempo de coleta e processamento dos dados com o receptor GNSS RTK X91+, Estação Total GD2i, receptor GNSS de navegação Etrex 10 e fita métrica na área de estudo no município de Três Passos/RS

Equipamento	Coleta (h)	Processamento (h)	Total(h)	Variação (%)
RTK - Testemunha	00:45	00:50	01:35	0
Estação Total	01:00:00	00:55	01:55	21
GNNS de navegação	00:20	00:30	00:50	-47
Fita Métrica	00:25	00:15	00:40	-57

Fonte: Autora (2021)

Pela análise da Tabela 8 percebe-se que os equipamentos receptor GNSS de navegação e fita métrica apresentam menor tempo total (tempo de coleta + tempo de processamento dos dados) e também necessitam de nível de capacitação técnica menor, ao passo que possuem precisões inferiores aos equipamentos RTK e ET. Isso ocorre com o receptor GNSS de navegação que possui o processamento dos dados de maneira mais básica. Na fita métrica o processamento dos dados ocorre de maneira manual, sendo anotados em caderneta os valores levantados a campo para posterior cálculo.

Para os equipamentos RTK e ET, o tempo de instalação eleva o período de coleta, sendo necessária a conversão dos dados, para posterior processamento em softwares específicos. Inclusive, para o equipamento RTK é fundamental o pós-processamento (PPP) dados no IBGE, o pós-processamento é uma ferramenta online e gratuita disponibilizada pelo IBGE, que permite aos usuários com receptores GPS e/ou GLONASS, obterem coordenadas referenciadas ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e ao ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) através de um processamento preciso. O IBGE-PPP processa dados GNSS (GPS e GLONASS) que foram coletados por receptores de uma ou duas frequências no modo estático ou cinemático. Esse fato eleva ainda mais o tempo total (coleta + processamento). De acordo com Figueredo (2019), em um estudo de caso sobre o custo-benefício de levantamentos topográficos planimétricos realizados com o uso de drone, georreferenciamento RTK e estação total, o levantamento com RTK foi realizado em 2h e 16 min, e o levantamento com a estação total ocorreu em 7h e 47 min. Por fim, o tempo de coleta com cada equipamento pode ser afetado pelo número de pontos a serem coletados, área abrangida, identificação de limites, características de relevo, cobertura de vegetação local, obstáculos, entre outros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O equipamento que obteve o melhor desempenho para medidas lineares foi a estação total, quando comparado ao receptor GNSS RTK utilizado como testemunha.

Para as medidas angulares a estação total não atingiu os níveis de precisão adequados indicados na NBR 13.133/1994.

O receptor GNSS de navegação apresentou a maior variação em relação à testemunha, não sendo indicado para levantamentos topográficos que necessitem de precisão.

A fita métrica não é indicada para a realização de levantamentos topográficos, pois não apresenta medidas angulares.

A estação total foi o equipamento que apresentou maior tempo de coleta e de processamento dos dados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, W. P. de. **A utilização do sistema GNSS RTK para o ajuste de marés em batimetria automatizada multifeixe.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13.133 - **Normas Técnicas para a Execução de Levantamento Topográfico.** Rio de Janeiro. 1994.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT-NBR 10123: **Instrumento de medição e controle – Trena de fita de aço** - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

BARBOSA, E. M. **Integridade, disponibilidade e acurácia no posicionamento RTK e RTK em rede: Investigação no contexto da rede GNSS ativa do Estado de São Paulo.** 2010. 140 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade Ciências e Tecnologia, 2010.

BOTELHO, F. J. De L.. *et al.* **Medidas de Distâncias.** 2016. Tese de Doutorado. Universidade Católica de Pernambuco.

BRANDÃO, A. C. **Cálculo Analítico de Poligonais Apoiadas e Fechadas (Anel).** Disponível em: <http://www.geodesia.ufba.br/site/sites/cascabgrad.edu.br/files/CalculoAnalticoPoligonaisApoiadaFechada.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2021.

BUSNELLO, F. J.; CONTE, P. R. Levantamento topográfico planialtimétrico com diferentes métodos de levantamento de dados a campo. **Revista Tecnológica** / ISSN 2358-9221, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 196-205, 2015. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/view/89>>. Acesso em: 12 dez. 2021.

CASTRO, M. C.; RODRIGUES, H. C.; DUARTE, N. DE F. Comparação do desempenho de dois tipos de trena na medição de áreas rurais. In: **IV Seminário dos Estudantes de Pós-Graduação-IFMG-Campus Bambuí.** 2018.

CHC. 2019. **Manual técnico RTK X91+.** Disponível em: <<https://www.cpetecnologia.com.br/uploads/49308e44-8abe-49fb-9ab3-d2c5dc6f9786.pdf>>. Acesso em 15 nov. 2021.

COELHO JÚNIOR, J. M; ROLIM NETO, F. C; ANDRADE, J. S.C. O. **Topografia geral.** 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2014

DIAS, L. M. **Avaliação de diferentes metodologias em levantamentos planialtimétricos.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Caraúbas, 2019.

FELIPE, A. L. da S. **Topografia convencional na aferição de áreas obtidas por georreferenciamento e Google Earth.** 2015. 40 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132115>. Acesso em: 10 out. 2021.

FIGUEREDO, R. H. B. **Estudo de caso: custo-benefício de levantamentos topográficos planimétricos realizados sob o uso de drone, georreferenciamento rtk e estação total.** 2019. Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Caraúbas,2019.

FRIEDMANN, R. M. P.; VEIGA, L. A. K. Levantamentos topográficos cinemáticos com estação total robotizada visando o posicionamento de veículo terrestre não tripulado. **III simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife. 2010.

GAMA, L. F.; DE SEIXAS, A.; DE SOUZA, A. M. B.. Implantação e análise de estruturas geodésicas planimétricas obtidas por gps e estação total: aplicações em levantamentos cadastrais urbanos. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64 ESP. 1, 2012.

GARMIN. 2019. **Manual técnico Garmin ETREX 10.** Disponível em: <<https://buy.garmin.com/pt-BR/BR/p/87768#specs>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

GEODETIC. 2019. **Manual técnico Geodetic gd2i.** Disponível em: <<https://www.cpetecnologia.com.br/uploads/7a150aff-a62b-4160-b38b-f4d55b3083d2.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

INCRA, **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** Disponível em <http://www.incra.gov.br/media/institucional/norma%20tecnica%20para%20georreferenciamento%20de%20imoveis%20rurais%203%20edi%C3%A7ao.pdf>. Acesso em: 07 set. 2019

JERONYMO, A. C. e PEREIRA, P. B. A. **Comparação de métodos de levantamento topográfico, utilizando escâner a laser, estação total e fotogrametria terrestre.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

LOPES, J. M. **Uso de tecnologia GNSS-RTK no controle automatizado de máquinas de construção civil e infraestrutura viária.** 2017. 1 recurso online (109 p.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas,2017

MENDONÇA, C. H. C. O.; SANTOS, R. F. Análise comparativa entre poligonais obtidas pelo Google Earth Pro, receptor GNSS de precisão e receptor GNSS de navegação. **Revista Científica Semana Acadêmica.** Nº. 000111, Fortaleza, 2017.

MENEZES, L. C.; CRUZ, V. C. da. **Georreferenciamento de imóveis rurais com fotogrametria: aplicação da norma de execução de 02/2018 do INCRA à estação experimental agrônômica da UFRGS.** 2018. Trabalho Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, 2018

OLIVEIRA, J. G. de. Comparativo entre topografia clássica x RTK para locações de obras. **Revista Eletrônica da Reunião Anual de Ciência**, v.6, n.1, Uberlandia 2017.

PARAÍSO, R. A. **Análise de medidas lineares, angulares e posicionais obtidas com estações totais e GNSS/RTK.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.

RODRIGUES, J. P. C. da S. **Análise comparativa de receptores de posicionamento por satélite para levantamento planimétrico de imóveis rurais.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

SANTOS, M. C. dos. **Topografia para agricultura de precisão em sistemas de irrigação no manejo da cana-de-açúcar.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019.

SANTOS, R. H. G. *et al.* **GNSS aplicado ao licenciamento ambiental de empreendimento aquícola.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias. Florianópolis, 2017.

VEIGA, L. A. K.; *et al.* **Fundamentos de topografia.** Universidade Federal do Paraná, 2012.